

1 9 6 8
Nr (9 (84)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA — MIEDZESZYN

PRZEGŁAD ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PRZEGŁAD ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI

ROK 8

WARSZAWA 1968

NR 9(84)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja
Problemów Łączności i Przeglądu Zagadnień Łączności

Redaktor Naczelny - prof. Zenon Szpigler

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, mgr inż. Adam Moniuszko,
mgr inż. Józef Możejko, dr Stanisław Włoszczowski

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH REKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

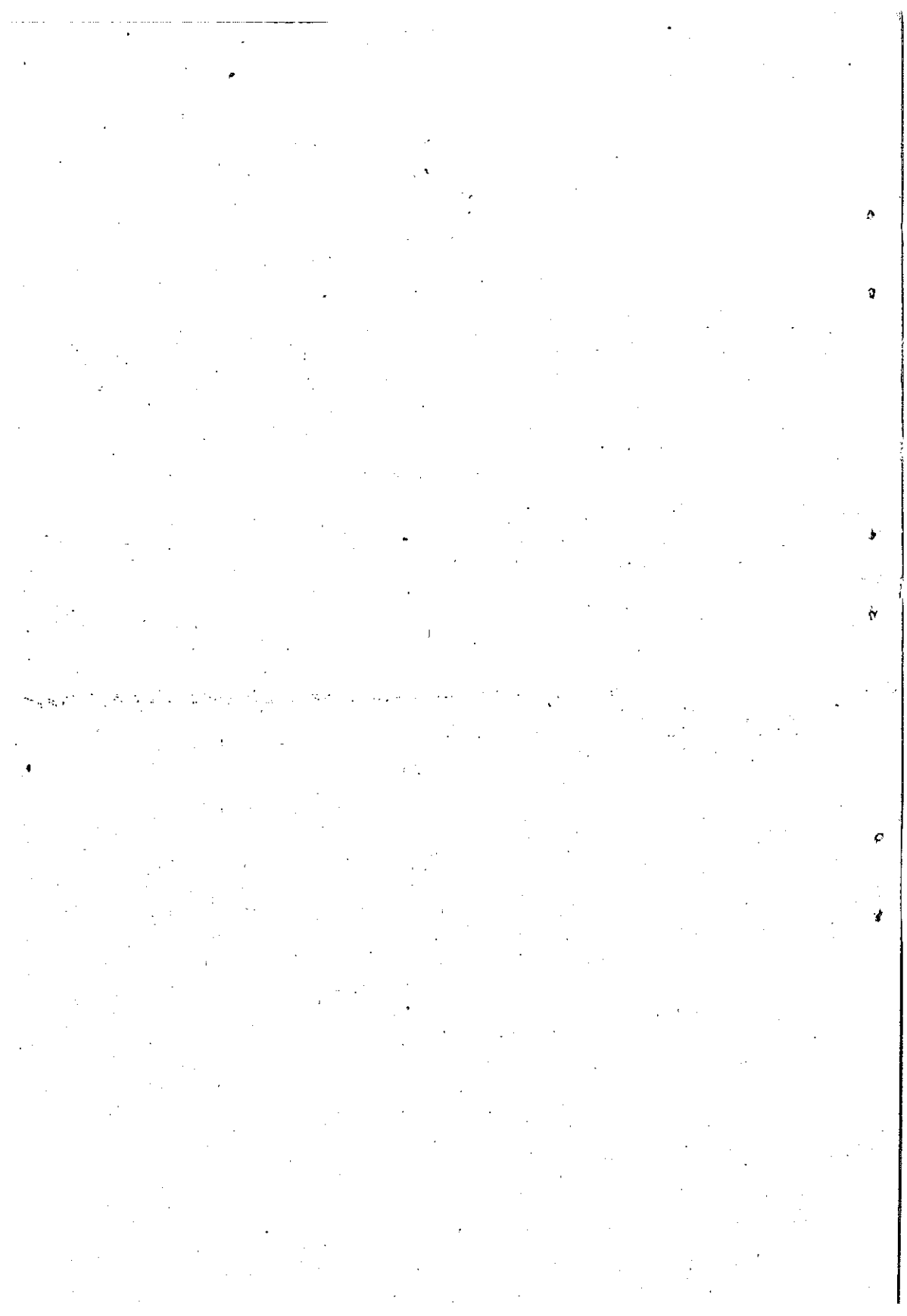
Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 720. Druk ukończono
w kwietniu 1969 r.

PRZEGLĄD
ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI

Kablowe linie telekomunikacyjne
Część I

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Pavel E.H. i Zoch G.: Kable o izolacji i powłoce polietylenowej stosowane przez Poczte NRF - Opracował W. Sikora	1
2. Harbort H. i Stiltz H.: Kable teletechniczne o izolacji papierowej i o polietylenowej powłoce - Opracował W. Sikora	27
3. Klett H. i Hilt O.: Łączenie kabli o powłokach metalowych z kablami o powłokach z tworzyw sztucznych - Opracował W. Sikora	50
4. Eppert H.: Montaż telefonicznych kabli rozdzielczych o izolacji i powłoce z tworzyw termoplastycznych - Opracował W. Sikora	58



KABLE O IZOLACJI I POWŁOCIE POLIETYLENOWEJ STOSOWANE PRZEZ POCZTĘ NRF

Opracował W. Sikora na podstawie artykułu
Pavel E.H. i Zoch G.: Verwendung von Poly-
äthylenkabeln bei der DBP. Zeitschrift für
das Post- und Fernmeldewesen, 1966 r. t.18,
nr 19, s. 706-712.

WSTĘP

W telefonicznych sieciach miejscowych stosowano dotąd prawie wyłącznie kable obołowione o papierowo-powietrznej izolacji żył. Tego typu izolacja spełnia zadowalająco wymagania elektryczne, a ołowiana powłoka także posiada zalety, uzasadniające jej stosowanie.

Pomimo tego jednak, przy stosowaniu tego typu kabli istniało szereg niedogodności i problemów, czekających rozwiązania. Jedną z takich niedogodności jest np. wymagana duża rutyna monterów, konieczna w celu zagwarantowania zgodnej z wymaganiami jakości całkowicie ręcznie wykonywanych złączy kablowych. Poza tym ołów jest bardzo podatny na uszkodzenia mechaniczne, ulega on także uszkodzeniom powodowanym przez niektóre gatunki insektów, a w niektórych przypadkach występują także uszkodzenia ołowianej powłoki kablowej spowodowane korozją międzykrystaliczną. Przypadki uszkodzeń spowodowane korozją międzykrystaliczną zdarzają się coraz częściej, co związane jest ze wzrastającym stale natężeniem ruchu

kołowego, będącego przyczyną drgań w koronie i podłożu ulic i dróg. Sprawę pogarsza jeszcze fakt, że na skutek olbrzymiego w ostatnich latach rozrostu sieci telefonicznej wzrasta liczba kabli układanych wieloma warstwami na sobie, co znacznie utrudnia wszelkie prace w studniach kablowych i jest przyczyną wielu uszkodzeń, powstających na skutek konieczności częstego przemieszczania kabli (w celu np. umożliwienia dostępu do jednego z kabli) i zdarzających się przypadków wchodzenia przez monterów butami na kable, pomimo obowiązującego w tej sprawie surowego zakazu.

Wrażliwość ołowiu na uszkodzenia mechaniczne sprawiała, że już od dawna poszukiwano na powłokę kablową materiału o większej wytrzymałości mechanicznej. Skonstruowano m.in. kabel o powłoce stalowej spiralnie karbowanej. Kabel taki był stosunkowo dosyć giętki, a jednocześnie odporny na zgniecenie. Stalowa powłoka tego kabla pokryta była ponadto warstwą ochronną, wykonaną ze sztucznego tworzywa. Pomimo tych zalet kabel o stalowej karbowanej powłoce miał także jeszcze pewne wady, jak np. trudności związane z jego montażem i ochroną przeciwkorozyjną, szczególnie w miejscach wykonanych złączy. Ze względu na to, że do wykonywania złączy stosowane są zwykle osłony ołowiane, statystyczna ilość uszkodzeń, po zastosowaniu tego typu kabli, zmalała tylko nieznacznie, przeważająca bowiem liczba uszkodzeń przypada właśnie na złącza kablowe, a w szczególności na gardła złączy. W dalszym ciągu więc poszukiwano rozwiązań eliminujących powyższe wady.

Żywiolowy rozwój chemii w dziedzinie tworzyw sztucznych sprawił, że i w technice kablowej rozpoczęto próby i doświadczenia nad zastąpieniem metalowej powłoki kabla a także papierowej izolacji żył kablowych powłoką i izolacją z tworzyw sztucznych. Z początku przeszkodą w stosowaniu tworzyw sztucznych na szeroką skalę w technice kablowej były trudności związane z obróbką, jak i niezadowalające parametry elektryczne i mechaniczne, a także wysoka cena branych pod uwagę tworzyw. Po długim stosunkowo okresie, dopiero, gdy spadła znacznie cena najpierw polichlorku winylu (PCV), a później także polietylenu (PE), skonstruowany został przy zastosowaniu polietylenu typ kabla, który przy spełnieniu określonych wymagań na budowach doświadczalnych powinien także wykazać znaczne zalety w eksploatacji.

Stosowane w Niemczech kable miejscowe mają zwykle ustrój czwórkowy, przy czym czwórki są gwiazdowe i ułożone w warstwy. Za granicą są wprowadznie częściowo stosowane, znane już od dawna, kable o strukturze pęczkowej, jednak w warunkach niemieckich stosowanie tego typu kabli uznano za niecelowe pomimo, że mają one pewne zalety, wynikające z innego niż w kablach warstwowych rozkładu sprzężeń. W ostatnich latach opracowano w Niemczech udaną konstrukcję kabla pęczkowego. Kabel ten posiada zalety kabla pęczkowego, a jednocześnie i kabla warstwowego ze względu na przejrzystość swego ustroju, ułatwiającą identyfikację żył i poszczególnych elementów ośrodka kabla. Te nowe kable pęczkowe, których opis budowy zamieszczono poniżej, zapewniają nie tylko łatwą

identyfikację dowolnej pary, lecz także łatwiejsze rozszyfrowanie ich ośrodków przy wykonywaniu złącza i lepszą przejrzystość w złączu [1].

Szczególnie ważna jest ostatnia z wymienionych zalet zakładając, że w tym przypadku powinien wystarczyć personel o niższych kwalifikacjach, a liczba pomyłek nie powinna mimo tego przekroczyć dopuszczalnej dotąd granicy.

Pominąwszy kable o grubszych żyłach, które są łączone za pomocą lutowanych tulejek, kable miejscowe są dziś przeważnie łączone za pomocą skręcania ze sobą końców łączonych żył (lutowania końców skrętek prawie nie stosuje się już). Wiadomo jednak, że jakość elektryczna tak wykonywanych połączeń nie jest najwyższej klasy, a przynajmniej dla wyższych częstotliwości wykazuje pewne cechy ujemne (systemy o modulacji impulsowo-kodowej, telefonia nośna, radiofonia, telewizja). Swego czasu stwierdzono np. niejednokrotnie występowanie efektu modulacji skrośnej na łączach radiofonii przewodowej wysokiej częstotliwości.

Z tego powodu od dawna istniała potrzeba opracowania lepszej a równocześnie prostej i ekonomicznej metody łączenia żył. Dla kabli o powłoce i izolacji polietylenowej nowa metoda łączenia żył jest wręcz koniecznością ze względu na silne przyleganie izolacji do żył (patrz niżej). Szczególnie w USA podjęto w tym kierunku znaczne wysiłki. Także Niemiecka Poczta Federalna (DBP) interesuje się wieloma nowymi metodami łączenia żył kablowych.

Wspólną cechą wszystkich tych nowych metod jest łączenie żył bez zdejmowania z nich izolacji. Założone bowiem, że izolacja przylega mocno do żył, jak to ma miejsce w przypadku wszystkich kabli o izolacji z tworzyw sztucznych, a także w przypadku stosowanej w USA izolacji żył z masy papierowej. Z metody takiej jednak nie można korzystać w przypadku stosowanej dotąd w Niemczech powszechnie izolacji papierowo-powietrznej, gdyż izolacja ta przylega tylko luźno do żyły i trzeba by ją wpiernić za pomocą odpowiednich środków zamocowywać na żyłę, co przekreśliłoby zalety tej metody. W przypadku żył kablowych cienkich (0,4 mm) o izolacji polietylenowej pełnej zdejmowanie izolacji z żył jest niedopuszczalne, ponieważ w trakcie tej operacji przy montażu trudno uniknąć uszkodzenia żyły (rys. 1)^{x)}.

Z tych powodów Niemiecka Poczta Federalna postanowiła zastosować metodę łączenia żył kablowych za pomocą specjalnego łącznika zwanego "B-wire-connector" opracowanego w laboratoriach Bella (Bell Laboratories). Łączniki te, produkowane w NRF na licencji, poddane były w laboratoriach Bella bardzo ostrym próbom [2,3], po których jak i w wyniku własnych badań łączniki odpowiadały praktycznie połączeniom lutowanym wysokiej jakości. Łączenie tą metodą żył pozwala na wykorzystanie kabli miejscowych także dla telefonii nośnej, gdyż tłumienność zniekształceń wynosi znacznie ponad 15 Np.

^{x)} Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

Wprowadzenie kabli o izolacji z polietylenu w szerszym zakresie natrafiało w NRF początkowo na trudności związane z brakiem odpowiedniej metody montażu osłony złącza. Tymczasem jednak opracowano metodę, gwarantującą nie tylko szczelność taką jak dla osłon kablowych ołowianych, ale wykazującą ponadto szereg dodatkowych zalet.

Przy przestrzeganiu określonych warunków, polietylen można stosunkowo łatwo i z powodzeniem spawać. Opracowano w tym celu dwie metody, które nadają się do zastosowania w praktyce. Jedna z tych metod polega na spawaniu za pomocą palnika zasilanego propanem, druga zaś na spawaniu elektrycznym. Obie te metody są poniżej szerzej opisane.

2. ROZWAŻANIA TECHNICZNO-EKONOMICZNE

Ciężar kabli obołowionych o papierowej izolacji żył jest stosunkowo duży. Z tej przyczyny jak i z powodu liczby wiązek zawartych w ośrodku ograniczone są maksymalne długości fabrykacyjne tych kabli, co w przypadku kabli wieloparowych sprawia, że i odstęp między sąsiednimi studniami jest stosunkowo mały. Kable polietylenowe, a nawet kable o karbowanej powłoce stalowej mają znacznie mniejszy ciężar, co pozwala, szczególnie w przypadku nowoczesnej kanalizacji kablowej z rur polwinitowych, na wydatne zwiększenie odstępów między studniami kablowymi. Pominąwszy sprawę dużych oszczędności, możliwych dzięki temu do osiągnięcia przy odpowiednim plano-

waniu, większy odstęp między studniami jest także pożą-
dany ze względu na budownictwo dróg, ponieważ miejsca
będące do dyspozycji pod ulicą jest coraz bardziej o-
graniczane przez różnego rodzaju linie zasilające. Po-
nadto przemawiają za tym także względy techniczne, do-
tyczące ruchu kołowego. Bardziej szczegółowe rozpatrywa-
nie wynikających stąd wniosków i problemów technicznych
przekracza zakres niniejszego opracowania [4]. Oczywi-
ście jest jednak, że zwiększenie dopuszczalnej długości
dla zaciągania kabla w kanalizację zapewnia pożądaną a
często konieczną swobodę projektowania układu skanali-
zowanej sieci kablowej (rys. 2).

Oprócz wspomnianych zalet technicznych, kable polie-
tylenowe dają także wiele korzyści ekonomicznych. Szcze-
gólnie odnosi się to do kabli wieloparowych (od ok. 300
par wzwyż), gdyż w tym przypadku, oprócz zmniejszenia
kosztów montażu i konserwacji, koszt samego kabla jest
także niższy.

3. BUDOWA NOWYCH KABLI

Kable pęczkowe o izolacji i powłoce polietylenowej
stosowane są przez Niemiecką Poczta Federalną tylko w
sieci miejscowej; dlatego też są to kable z żyłami mie-
dzianymi o średnicy 0,4 mm i 0,6 mm. Izolację żył o śred-
nicy 0,4 mm stanowi polietylen pełny, a żył o średnicy
0,6 mm polietylen piankowy. Różnica rodzaju izolacji w
zależności od średnicy żyły podyktowana jest wymaganymi
własnościami elektrycznymi, różnymi dla różnych kabli.

Dla kabli o średnicy żył 0,4 mm wymagana pojemność skuteczna wynosi 50 nF/km, a dla kabli o żyłach 0,6 mm wymagana pojemność skuteczna wynosi 38 nF/km (dla co najmniej 80% wszystkich wyników pomiarów).

Najmniejszą wiązką w tych kablach jest czwórka gwiazdowa. Pięć takich wiązek (10 par) tworzy podstawowy pęczek. W celu umożliwienia identyfikacji każdej czwórki w pęczku podstawowym poszczególne czwórki oznaczone są różnymi podstawowymi kolorami (czerwony, zielony, popielaty, żółty, biały). W obrębie czwórki poszczególne żyły oznaczone są barwnymi prążkami (podobnie jak żyły o izolacji papierowej). Oznakowanie kolorami jest we wszystkich podstawowych pęczkach takie samo.

Pęczki podstawowe są z kolei skręcane w pęczki zwane głównymi. W polietylenowych kablach miejscowych zawierających do 500 czwórek, pęczki główne zawierają po 5 pęczków podstawowych (50 czwórek), a w kablach od 600 czwórek wzwyż pęczki główne zawierają po 10 pęczków podstawowych (tj. 100 czwórek). Kierunek liczenia jest we wszystkich pęczkach jednakowy, a mianowicie zawsze od środka na zewnątrz i zgodnie z ruchem wskazówek zegara; pęczek licznikowy jest oznaczony luźnym czerwonym obwojem cechującym. W zależności od ich liczby pęczki podstawowe i główne ułożone są w kablu w 2 lub 3 warstwy (rys.3).

Ośrodek kabla owinięty jest obwojem z niehigroskopijnego materiału, a następnie nałożone są nań poszczególne warstwy powłoki. Powłoka kabla składa się z cienkiej wewnętrznej warstwy polietylenu, warstwy ekranującej z folii miedzianej o grubości 0,12 mm (w zależności od

średnicy kabla ekran jest gładki o szwie wzdłużnym na zakładkę, karbowany lub naprasowany), który oprócz ekranowania służy także do poprawienia współczynnika redukcyjnego, przy oddziaływaniu linii wysokich napięć, oraz z warstwy zewnętrznej z polietylenu wysokociśnieniowego. Grubość powłoki jest tym większa, im większą średnicę ma kabel i tak dla warstwy zewnętrznej - grubość ta zawiera się w granicach od 0,6 do 2,2 mm, a dla powłoki wewnętrznej od 1,8 do 3,8 mm. Z zasady kable te nie mają opancerzenia [5].

Kable miejscowe o izolacji i powłoce z polietylenu o żyłach 0,4 mm zawierają do 2000 par, a kable o żyłach 0,6 mm zawierają do 1200 par, przy czym średnica zewnętrzna tych kabli dochodzi wtedy do ok. 85 mm wobec 75 mm średnicy dotychczasowych kabli kanałowych o powłoce ołowianej.

4. ŁĄCZENIE ŻYŁ IZOLOWANYCH TWORZYWEM SZTUCZNYM

Przy stosowaniu wspomnianej powyżej nowej metody łączenia żył nie jest konieczne zdejmowanie izolacji i lutowanie końców łączonych żył. Połączenia żył wykonane tą metodą są pod względem elektrycznym praktycznie tej samej jakości co połączenia lutowane.

Jak już wspomniano, Niemiecka Poczta Federalna stosuje do łączenia żył łączniki opracowane w laboratoriach Bella i stosowane przez Western Electric i inne północno-amerykańskie przedsiębiorstwa eksploatacyjne. Wykonanie niemieckie odpowiada amerykańskiemu, a dobre wła-

sności łączników amerykańskich są takie same jak niemieckich. Łączniki wykonywane są w dwu rozmiarach:

rozmiar I dla żył o średnicy od 0,4 do 0,6 mm i

rozmiar II dla żył o średnicy od 0,7 do 0,9 mm.

Niemiecka Poczta Federalna stosuje na razie tylko łączniki rozmiaru I. Każdy łącznik składa się z trzech części: kontaktowej, mocującej i izolującej. Te trzy elementy, jak pokazano na rys. 4, wsuwane są w siebie. Element kontaktowy ma wiele małych zadziorków wystających do wewnątrz, które nie tylko muszą przebić izolację żyły, ale także wgnieść się nieco w samą żyłę w celu zapewnienia dobrego i trwałego kontaktu. Element ten wykonywany jest dlatego ze stosunkowo twardego materiału, a mianowicie z fosforobrazu. Element mocujący ma za zadanie zapewnić trwały docisk elementu kontaktowego do żyły pomimo sprężystości elementu kontaktowego i jego tendencji do zwolnienia nacisku. Łączenie odbywa się przez założenie i zagniecenie łącznika na żyłach za pomocą specjalnych cęgów do zaciskania. Wymagany okres trwałości wykonanego tak złącza, w którym jego własności elektryczne nie powinny ulec zmianie wynosi ok. 30 lat. Element mocujący musi więc być wykonany z miękkiego stopu miedzi (mosiądzu), którego odkształcające naprężenia wewnętrzne muszą być tak znikome, aby nie mogły spowodować zwolnienia nacisku łącznika w warunkach eksploatacyjnych. Odpowiedni dobór materiałów na te obydwa elementy łącznika ma podstawowe znaczenie dla zapewnienia trwałości i dobrej jakości elektrycznej złączy

żył kablowych, wykonywanych za pomocą mechanicznie zaciskanych łączników. Trzeci element łącznika wykonany z polwinitu służy do odizolowania od siebie poszczególnych złączy żył podobnie, jak tulejki izolacyjne stosowane do izolowania wykonywanych znaną metodą złączy żył o izolacji papierowej.

Do zaciskania łączników na końcach łączonych żył stosowane są przez Niemiecką Pocztę Federalną ręczne cęgi wykonane na wzór cęgów stosowanych w USA. Znane są także cęgi uruchamiane pneumatycznie lub hydraulicznie za pomocą pedału nożnego. Jak dotąd jednak, konstrukcje te nie są zadowalające ze względu na zbyt wielki ciężar urządzenia, konieczność stosowania sprężonego powietrza i zbyt wielką podatność na uszkodzenia urządzeń hydraulicznych. Cęgi ręczne natomiast mają wadę polegającą na możliwości wywołania początkowo objawów zmęczenia u osób obsługujących. Zagadnienie cęgów nie zostało jeszcze ostatecznie rozwiązane. Urządzenie do zaciskania powinno w przyszłości umożliwić wykonywanie złączy przy znikomym tylko wysiłku fizycznym, co ma szczególne znaczenie w przypadku kabli wieloparowych, tym bardziej, że możliwe jest usunięcie wad dotychczasowych automatycznych urządzeń do zaciskania.

Jako ważne narzędzie pomocnicze przy łączeniu żył za pomocą zaciskanych łączników służy tzw. "grzebień montażowy" ułatwiający rozdzielenie pęczków głównych na podstawowe i zapewniający nadzwyczaj dobrą przejrzystość wykonywanego złącza kablowego. Dzięki temu identyfikacja

poszczególnych żył w złączu jest o wiele łatwiejsza niż w przypadku kabli o warstwowej budowie ośrodka.

5. MUFY DLA POLIETYLENOWYCH KABLI MIEJSCOWYCH

Stosowalność kabli miejscowych polietylenowych zależy w znacznej mierze od odpowiedniej techniki montażu i zastosowanych osłon na złącza. Polietylen, jak wiadomo, można przy spełnieniu określonych warunków spawać, otrzymując dobrą jakość połączenia, tzn. o wytrzymałości w miejscu spawania porównywalnej z wytrzymałością spawanego materiału.

Przy spawaniu polietylenu muszą być spełnione następujące trzy warunki (patrz także norma DIN 16932) [6]:

a) własności polietylenu, z którego wykonana jest powłoka kabla (gęstość itd.) i własności polietylenu, z którego wykonana jest osłona powinny możliwie jak najbardziej wzajemnie sobie odpowiadać,

b) spawanie musi się odbywać przy określonej temperaturze (wyższej od temperatury topnienia krystalitu polietylenu a niższej od temperatury tlenowego rozkładu polietylenu),

c) obiekty łączone muszą być podczas spawania dociśnięte do siebie w miejscu spawania.

Pierwotnie próbowano miejsca spajania owijać taśmami polietylenowymi, a następnie nagrzewać płomieniem w celu zespawania taśm ze sobą i z powłoką kabla. Metoda ta jednak okazała się niezadowalająca m.in. dlatego, że wy-

konane według niej osłony nie były wystarczająco trwałe.

Próby z osłonami polietylenowymi i narzędziami nagrzewanymi (cęgi pierścieniowe, klingi spawalnicze) także nie dały pozytywnych rezultatów z powodu trudności z doprowadzaniem ciepła i utrzymaniem określonej temperatury i wiążącego się z tym niebezpieczeństwa niedogrza-
nia lub przegrzania polietylenu. Innego rodzaju próby polegały na spawaniu osłon polietylenowych za pomocą "pistoletu spawalniczego" przez nakładanie dodatkowej warstwy polietylenu w miejscu spawania. Wszystkie te metody nie dają jednak (bez zniszczenia miejsca spawania) praktycznie możliwości sprawdzania czy proces spawania przebiegał prawidłowo i czy spaw jest odpowiedniej jakości. Poza zasadniczymi wadami tej metody, w dużej mierze od wykształcenia i rutyny monterów zależy czy wykonany spaw jest prawidłowy, czy też zamiast spawu otrzymano tylko pewnego rodzaju sklejenie łączonych elementów lub nawet "przepalenie" polietylenu (rozkład tlenowy polietylenu).

Pierwsze praktycznie dobre wyniki spawania polietylenowych osłon z powłoką kabla otrzymano metodą taśm dociskających, zwaną również metodą "płomieniową" [7]. Przy stosowaniu tej metody konieczne są, oprócz osłony polietylenowej, palnik propanowy i taśma z włókna szklanego. Miejsca spawania (np. szwy na wylotach osłony) owijane są ciasno taśmą z włókna szklanego, a następnie nagrzewane przez określony okres czasu płomieniem z palnika propanowego. W trakcie nagrzewania materiał o-

słony spaja się z materiałem powłoki kabla względnie dwie części osłony spajają się ze sobą. Wada tej metody polega z jednej strony na trudności w równomiernym nagrzewaniu miejsca spawania i z drugiej strony na tym, że ciepło nie jest doprowadzane do szwu bezpośrednio, lecz poprzez ~~nie~~ przewodzący ciepło polietylen. Dlatego też zewnętrzne warstwy polietylenu muszą być nagrzane mocniej niż samo miejsce spawania, co jednak łatwo prowadzi do przegrzania i niedopuszczalnego pogorszenia trwałości polietylenu w czasie. Z tego powodu dobre wyniki stosowania tej metody zależą także w znacznym stopniu od wykształcenia monterów. Dodatkowe trudności polegają także na tym, że w studniach o dużym zagęszczeniu kabli nie ma często wystarczającego ze wszystkich stron dostępu do miejsca spawania dla palnika propanowego. Z tego względu prosta ta w zasadzie metoda powinna być stosowana tylko dla kabli o niewielkiej liczbie par i tylko w określonych warunkach, np. przy wystarczającym dla palnika dostępie do całego szwu spawalniczego i tylko dla kabli bez kontroli ciśnieniowej.

Metodą spajania osłon polietylenowych z powłoką kabla pozbawioną w znacznym stopniu wyżej wymienionych wad jest spawanie elektryczne [8]. Metoda ta polega na bezpośrednim nagrzewaniu powierzchni spawanych za pomocą specjalnej taśmy grzejnej, dzięki czemu unika się wyżej omówionej zasadniczej wady metody "płomieniowej". Ponieważ ciepło służące do spawania zależne jest od nastawionego prądu elektrycznego, konieczną temperaturę spawania wynoszącą ok. 200°C można wystarczająco dokładnie nastaw-

wić w zakresie temperatury otoczenia od $+5^{\circ}\text{C}$ do $+45^{\circ}\text{C}$. Zaletą tej metody są niewielkie wymagania, odnoszące się do ręcznego wykonawstwa monterów. Nakłady na przyrządy i narzędzia są wprawdzie wyższe niż przy metodzie spawania za pomocą palnika propanowego i taśm z włókna szklanego, lecz za to metoda ta daje z założenia znacznie większą pewność otrzymania prawidłowego spawu. Ponadto pozwala ona na takie ukształtowanie osłon, że obojętne się staje czy na danym kablu będzie czy też nie będzie stosowana kontrola ciśnieniowa (0,5 atn).

Jako źródło zasilania przy metodzie elektrycznego spawania stosowany jest akumulator samochodowy o napięciu 12 V i o pojemności ok. 84 Ah. Proces spawania sterowany przez specjalny przyrząd sterowniczy przebiega w określonym zakresie niezależnie od temperatury otoczenia i długości spawu. Przyrząd sam nastawia automatycznie natężenie prądu konieczne do uzyskania wymaganej temperatury spawania, kontroluje prawidłowość procesu spawania, a po jego zakończeniu samoczynnie wyłącza zasilanie. Zakończenie spawania, a także odchyłki występujące w trakcie spawania (np. zbyt małe natężenie prądu, czyli zbyt niska temperatura spawania) sygnalizowane są akustycznie lub optycznie. Pojemność znamionowa akumulatora pozwala na przyspawanie kolejno, bezpośrednio po sobie, ok. 6 osłon dowolnego rozmiaru.

Jak już wspomniano, temperaturę potrzebną przy spawaniu zapewniają taśmy grzejne układane między powierzchniami, które mają być zespawane. Dla spawów wokół obwodu osłony na jej końcach i dla spawu wzdłuż cylindra

osłony taśmy te są wtapiane fabrycznie w odpowiednie części osłon. Taśmy grzejne potrzebne dla spawów łączących stożkowe końcówki osłony złącza z powłoką kabla mogą być wtapiane dopiero w miejscu montażu, gdyż końcówki stożkowe muszą być przedtem przycięte odpowiednio do średnicy zewnętrznej montowanego kabla. Przyrząd sterowniczy ma dlatego specjalną pozycję "Tempern" (wtapianie).

Wykonane tą metodą osłony złączy kablowych są łatwo rozbieralne tą samą metodą, gdyż taśmy grzejne pozostają w miejscach spawania. Otrzymana za pomocą elektrycznej metody spawania wytrzymałość spawu jest równa lub nawet większa od wytrzymałości materiału spawanego.

Na rysunku 5 przedstawiono opracowaną dla tej metody osłonę złącza kablowego. Każda osłona składa się z dwóch stożkowych końcówek wraz z tulejami wzmacniającymi i z części cylindrycznej wraz z wkładką wzmacniającą. Osłony produkowane są w czterech rozmiarach, co pokrywa zakres średnic kabli, dla których osłony są przeznaczone.

Opisana metoda montażu osłon pozwala także na wykonywanie złączy rozgałęźnych.

6. ZŁĄCZA KABLI MIEJSCOWYCH O POWŁOCE POLIETYLENOWEJ Z KABLAMI O POWŁOKACH METALOWYCH

Przy stosowaniu kabli miejscowych polietylenowych, pomimo założenia, że o ile możliwości układane będą tylko linie o jednorodnej budowie kabli, zachodzi jednak czasem potrzeba połączenia kabla polietylenowego z kablem o powłoce metalowej. Dla takich przypadków opracowana

została specjalna osłona zbudowana z tulei miedzianej z zamocowaną do niej na jednym końcu wodoszczelnie w sposób odporny na ciśnienie stożkową końcówką polietylenową a na drugim końcu pokrytej na zewnątrz cyną [8]. Przyłączeniu kabla polietylenowego z obołowionym, polietylenową końcówką osłony spawa się z powłoką kabla polietylenowego metodą elektrycznego spawania. Od strony kabla obołowionego do miedzianej pocynowanej osłony przylutowuje się zwykłą osłonę ołowianą (rys. 6). Tę samą metodę można stosować przy konieczności wprowadzania miejscowego kabla polietylenowego do złącza rozdzielczego o osłonie ołowianej (jak dotychczas wykonywanie specjalnych osłon polietylenowych dla złączy rozdzielczych jest jeszcze zbyt kosztowne).

7. OCHRONA KABLI POLIETYLENOWYCH PRZED WNIKANIEM WILGOCI

Wiadomo że izolacja papierowa w kablach o dotychczasowej budowie na skutek wnikającej w nią wilgoci pęcznieje i wypełnia puste przestrzenie, tworząc swego rodzaju "korki" mokrego papieru. Dzięki temu rozchodzenie się wilgoci wzdłuż kabla jest bardzo utrudnione. Spowodowane tymi przegrodami w kablu miejscowe zwarcia ułatwiają w dużym stopniu zlokalizowanie miejsca uszkodzenia.

W kablach polietylenowych natomiast na skutek ogólnej dobrej izolacji zawilgocenie ośrodka nie jest bezpośrednio zauważalne. Polietylenowa izolacja żył nie

jest higroskopijna, nie pęcznieje więc pod wpływem wilgoci i nie utrudnia jej rozchodzenia się wzdłuż kabla. Jeżeli w jednym miejscu izolacja kilku żył kablowych nie ma szczelin i porów, to zwarcia spowodowane wilgocią powstają dopiero w najbliższym złączu. Stosowane zwykle w przypadku kabli o izolacji papierowej lokalizatory uszkodzeń lokalizują w przypadku kabli polietylenowych tylko to wtórne uszkodzenie, nie można natomiast za ich pomocą stwierdzić i zlokalizować uszkodzenia polietylenowej powłoki kablowej, będącego przyczyną wnikania wilgoci do ośrodka kabla. Istnieją propozycje stosowania w kablach polietylenowych żył "czujnikowych", które powodując zwarcia w miejscu uszkodzenia powłoki i zawilgocenia ośrodka kabla ułatwiałyby lokalizację uszkodzeń. W tym celu mogą być np. stosowane żyły o "perforowanej" izolacji polietylenowej lub żyły o izolacji polietylenowej z wstawkami o izolacji papierowej w miejscu połączenia. Metody te jednak ze względu na ich koszt i trudności produkcyjne nie zostały jak dotąd zastosowane przez Niemiecką Pocztę Federalną. Dotychczas lokalizację uszkodzeń powłoki kablowej przeprowadza się za pomocą trójpunktowej metody pomiarowej przy wykorzystaniu miedzianego ekranu izolowanego w tym celu na końcach. Oprócz metody pomiarów elektrycznych, uszkodzenie powłoki można także lokalizować pneumatycznie, w przypadku gdy kabel jest pod ciśnieniem powietrza lub innego gazu. Uszkodzenia w kablach polietylenowych powstają, jak udowodniono powyżej, tylko w miejscach, gdzie izolacja żył jest nieszczelna i w złączach kablowych. Znane są

przypadki, że wpływ zawilgocenia ośrodka na możliwości eksploatacyjne danego kabla polietylenowego nie jest uważalny. Pomimo tego jednak usuwanie wilgoci z kabla jest zawsze konieczne. Istnieje wiele metod osuszania zawilgoconego ośrodka kabla, jak dotąd jednak nie ma rozwiązania nadającego się bez zastrzeżeń do zastosowania w eksploatacji.

Wychodzące z komory, zwykle wieloparowe, kable magistralne (o małej oporności przepływu) można stosunkowo łatwo zabezpieczyć na całej ich długości przed zawilgoceniem przez zastosowanie kontroli ciśnieniowej. Trudniej jest jednak zabezpieczyć w ten sposób kable o małej liczbie par w sieci rozdzielczej bez stosowania, powszechnych często w USA, rurociągów służących do zasilania sprężonym powietrzem odległych fragmentów sieci kablowej.

W przypadku wystarczająco gęstej sieci jest w zasadzie możliwe doprowadzenie sprężonego powietrza poprzez kabel magistralny do przyłączonych do niego kabli rozdzielczych. Wiąże się to jednak z problemami wymagającymi jeszcze wnikliwszego zbadania; w szczególności odnosi się to do kabli rozdzielczych z powodu istotnego wpływu, jaki przy kontroli ciśnieniowej ma oporność przepływu kabla magistralnego, z którym są one połączone. Zabezpieczenie musi bowiem spełniać swoje zadanie nawet przy powstaniu większych nieszczelności w powłokach kabli rozdzielczych. W przypadku braku zadowalających rozwiązań zagadnienie to będzie musiało być rozwiązane, przynajmniej dla kabli polietylenowych o niewielkiej liczbie

par, na drodze zmian konstrukcyjnych samego kabla.

Obecnie przeprowadzane są próby, mające na celu całkowite uniemożliwienie wnikania wilgoci do kabli polietylenowych, przez wypełnienie wolnych przestrzeni we wnętrzu kabla tworzywem sztucznym o strukturze piankowej (np. poliuretanem), przy założeniu, że elektryczne parametry kabla ulegną tylko dopuszczalnemu pogorszeniu. Rozpatrywana jest także możliwość zastosowania przegród wodoszczelnych umieszczonych wewnątrz kabla w odpowiednich odstępach w trakcie jego produkcji, co przynajmniej uniemożliwiałoby rozchodzenie się wilgoci wzdłuż kabla. Zagadnienie to nie zostało wprawdzie dotąd opracowane, nie ma ono jednak podstawowego znaczenia w przypadku, gdy istniałaby możliwość włączenia kabli niezwłocznie po ich ułożeniu do urządzenia kontroli ciśnieniowej. Kable produkowane z rozmieszczonymi w nich przegrodami wodoszczelnymi i kontrola ciśnieniowa wykluczają się wzajemnie, kable na całej swej długości wodoszczelne nie wymagałyby więc kontroli ciśnieniowej [9].

Przy stosowaniu kontroli ciśnieniowej konieczne jest gazoszczelne zamykanie linii kablowej na jej końcach. Wykonywane są więc przegrody gazoszczelne przed złączami rozdzielczymi po stronie stacyjnej, a także w końcowych punktach sieci, gdy konstrukcja głowic nie zapewnia gazoszczelności. Sposób ten jest obecnie stosowany przez Niemiecką Poczta Federalną. Przegrodom i pozostałym zakończeniom (głowicom) gazoszczelnym stawiane są wysokie wymagania dotyczące ich szczelności. Nawet w przypadku kabli o największej liczbie par straty powie-

trza powinny być bliskie zera i nie powinny przekraczać ok. 2 l/h.

W kablach dotąd stosowanych o papierowej izolacji żył przegrody gazoszczelne wykonywano z mas wypełniających, wlewanych na gorąco w odpowiednio przygotowane miejsca w kablu. Osiągane za pomocą tej metody wyniki były zadowalające. Metody tej jednak nie można stosować do kabli polietylenowych ze względu na zbyt wysoką temperaturę konieczną do wykonywania przegrody. W kablach tych przegrody gazoszczelne wykonywane są z żywicy epoksydowej z dodatkiem utwardzacza. Celowe byłoby opracowanie żywicy epoksydowej nadającej się zarówno dla kabli obołowionych o izolacji papierowej, jak i dla kabli o powłoce i izolacji z polietylenu.

Otrzymanie wystarczająco szczelnej przegrody zależy w przypadku kabli polietylenowych nie tylko od jakości samej przegrody, lecz także od szczelności przylegania izolacji do żył. Szczelność przylegania jest wystarczająca w przypadku izolacji żył wykonanej z polietylenu pełnego. Izolacja z polietylenu piankowego natomiast nastręcza pewne trudności przy wykonywaniu przegród ze względu na słabsze jej przyleganie do żył. Należy jednak przypuszczać, że wkrótce także izolacja z polietylenu piankowego będzie wystarczająco szczelnie wytłaczana na żyły.

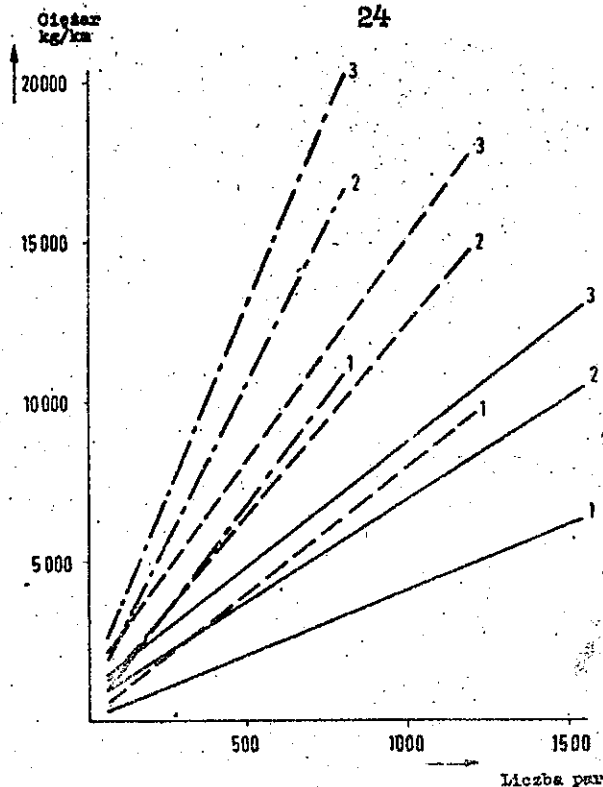
Wszystkie podane powyżej powody sprawiają, że Federalna Poczta Niemiecka stosuje na razie tylko kable polietylenowe o izolacji z pełnego polietylenu i to tylko wówczas, gdy kable te niezwłocznie po ich ułożeniu mogą

być włączone do urządzenia kontroli ciśnieniowej. Oznacza to, że z zasady kable polietylenowe stosowane są na razie tylko w sieci magistralnej i to jeżeli wystarcza średnica żył wynosząca 0,4 mm. Kable polietylenowe o średnicy żył wynoszącej 0,6 mm i o izolacji z polietylenu piankowego są przez Niemiecką Poczta na razie używane tylko do budowy linii doświadczalnych.

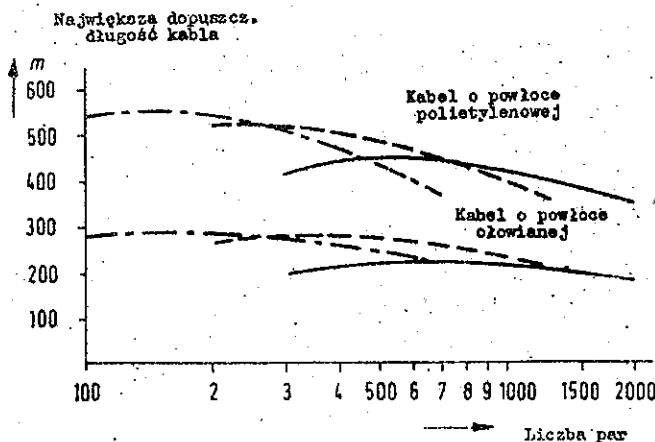
WYKAZ LITERATURY

1. Reuschenbach G. i Wolff W.: Fernsprechkabel mit Polyäthylenisolierung, Bündelaufbau und Polyäthylencmantel. Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens 1963, t. 14, s. 221-273.
2. Antas S.C.: The B-Wire Connector for Cable-Splicing, Bell-Laboratories Record 1962, t. 40, nr 8, s. 293-296.
3. Graff H.J., Peacock J.M. i Zajmans J.J.: Development of Solderless Wire Connector for Splicing Multipair Cable. Bell Syst. Techn. J. 1963, t. 42, nr 1, s. 131-153.
4. Ebbeler G.: Kabelkanalanlagen aus erdverlegten Hart-PVC-Rohren; Zeitschrift für das Posten. Fernmeldewesen 1966, t. 18, nr 18, s. 680-686.
5. Geyler J., Oberender H. i Schleyer J.: Polyäthylen-isolierte Fernsprech-Ortskabel in Bündelverseilung. Siemens-Zeitschrift 1965, t. 39, nr 1, s. 27-37.

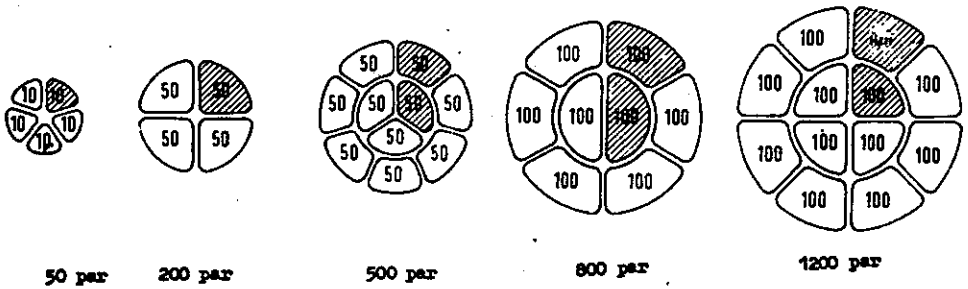
- Remold K.: Verlegung und Montage von polyäthylen-
isolierten Fernsprech-Ortskabel in Bündelverseilung.
Siemens-Zeitschrift 1965, t. 39, nr 1, s. 37-44.
- b. Kuhfuss W. i Müller W.: Muffen für Nachrichtenkabel
mit Polyäthylenmantel. Siemens-Zeitschrift 1965,
t. 39, nr 11, s. 1229-1232.
- c. Schreiber K.: Bündelverseilte Kunststoff-Teilnehmer-
kabel für Fernsprech-Ortsnetze. Siemens-Zeitschrift
1965, t. 39, nr 12, s. 1279-1284.
6. DIN 16 932: Schweissen von Polyäthylen /PE/ /Richt-
linien/.
7. Ochei W. i Preissler P.: Eine neue schweiszbare Muffe
für Kabel mit Polyäthylen-Mantel. ETZ, 1962, t. 14,
nr 2, s. 29 i 32.
8. Buchholz W.: Schweissen und Kleben von Polyäthylen
bei Nachrichtenkabeln. Siemens-Zeitschrift 1965, t. 39,
nr 4, s. 317-319.
9. Schüssler K.: Kabel, Leitungen und Garnituren der
Nachrichtentechnik. ETZ-B, 1966, t. 18, nr 14, s. 551-
-555.



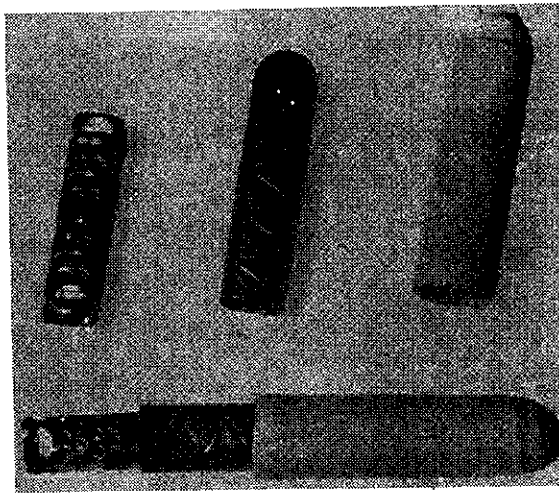
Rys. 1. Ciężar kabla w zależności od budowy i od średnicy żył /Cu/
 1 - kabel o izolacji i powłoce z polietylenu /kabel kanałowy i doziemny/, 2 - kabel ołowiano-
 ny o izolacji papierowej, nieopancerzony /kabel kanałowy/, 3 - jak 2, lecz opancerzony /kabel
 doziemny/
 Średnice żył: — 0,4 mm; --- 0,6 mm; - - - 0,8 mm



Rys. 2. Dopuszczalne do wciągania w kanalizację długości kabla miejscowego o powłoce polietylenowej i ołowianej, zaopatrzonego fabrycznie w zaczepy do wciągania, bez dodatkowych czynników utrudniających wciąganie. Współczynnik tarcia 0,6
 Średnice żył: — 0,4 mm; --- 0,6 mm; - - - 0,8 mm

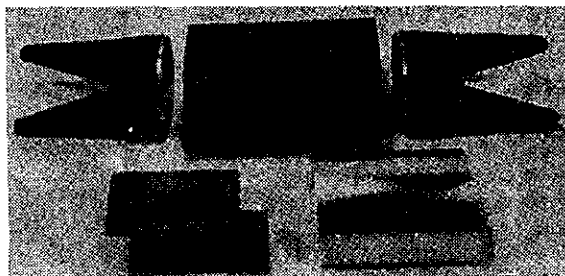


Rys. 3. Budowa kabli pęczkowych z pęczków podstawowych i głównych; 10: dziesięcioparowy pęczek podstawowy /5 czwórek gwiazdowych; 50,100: pięćdziesięcio lub stuparowy pęczek główny; kreskowanie: pęczki licznikowe /oznaczone za pomocą czerwonego, luźnego obwoju z włókna sztucznego/

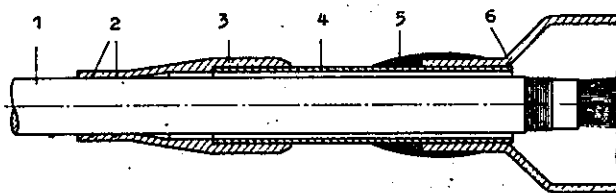


Rys. 4. Łącznik do łączenia żył kablowych

U góry: element kontaktowy, dociskowy i izolujący; u dołu: elementy łącznika na wpół wsunięte w siebie



Rys. 5. Elementy osłony złącza rozgałęźnego dla kabli o powłoce polietylenowej



Rys. 6. Wprowadzenie kabla polietylenowego do osłony ołowianej

1 - kabel polietylenowy, 2 - taśma spawalnicza, 3 - stożek z polietylenu, 4 - tuleja metalowa, 5 - warstwa lutu z cyny, 6 - osłona ołowiana

KABLE TELETECHNICZNE O IZOLACJI PAPIEROWEJ I O POLIETYLENOWEJ POWŁOCE

Opracował W. Sikora na podstawie artykułu
Harbort H. i Stiltz H.: Papierisolierte
Kabel mit Polyäthylenmantel, Sell Nachrichten,
1968, t. 16, nr 1, s. 15-19.

1. WSTĘP

W kablach teletechnicznych o budowie tradycyjnej izolacja żył jest papierowa, a powłokę stanowi warstwa metalu szczelnie otaczająca ośrodek kabla. Metalem najczęściej stosowanym na powłoki kablowe jest ołów; produkowane są jednak także kable, których powłoka wykonana jest np. z aluminium lub z karbowanej stali. Powłoki metalowe, aczkolwiek dobrze zabezpieczające ośrodek kabla przed uszkodzeniami mechanicznymi, przed zawilgoceniem i przed wpływem obcych pól elektrycznych posiadają także szereg wad, jak np. podatność na korozję, duży ciężar, a w przypadku ołowiu poważną wadą jest jego deficytowość.

Z rozwojem chemii tworzyw sztucznych zaistniała możliwość zastąpienia materiałów stosowanych dotąd w wielu dziedzinach techniki materiałami nowymi, odznaczającymi się wieloma zaletami. Obecnie oprócz kabli o budowie tradycyjnej produkowane są i stosowane za granicą kable o izolacji i powłoce z tworzyw termoplastycznych, a także będące przedmiotem niniejszego opracowania, kable o

tradycyjnej, papierowej izolacji żył i o powłoce polietylenowej.

Kable o powłokach z tworzyw sztucznych w porównaniu z kablami o powłokach metalowych odznaczają się znacznie mniejszym ciężarem, są tańsze, technologia ich produkcji jest uproszczona, a także układanie ich jest łatwiejsze. Powłoki kablowe z tworzyw sztucznych nie zabezpieczają jednak ośrodka kabla przed wnikaniem doń wilgoci. Wada ta powoduje konieczność stosowania dodatkowego zabezpieczenia bądź w postaci polietylenowej izolacji żył, bądź w przypadku izolacji papierowej, chłonej wilgoć, w postaci nałożonej na powłokę warstwy materiału, stanowiącego barierę dla wody i pary wodnej. Wymienione wyżej zalety i niewrażliwość na zawilgocenie spowodowały stosowanie w coraz szerszym zakresie kabli o powłokach jak i izolacji z tworzyw termoplastycznych. Ze względu na taniość izolacji papierowej w porównaniu z izolacją polietylenową nie zaniechano jednak także prób uszczelnienia polietylenowej powłoki tak, aby mogła ona zabezpieczyć skutecznie przed wilgocią ośrodek kabla nawet w przypadku papierowej izolacji żył. Oprócz niższych kosztów materiałowych w stosunku do kabla o powłoce metalowej, a także w stosunku do kabla o izolacji i powłoce polietylenowej, kabel o powłoce polietylenowej i papierowej izolacji żył posiada przy tych samych wymiarach lepsze własności transmisyjne (mniejsza pojemność skuteczna), a papierowa izolacja utrudnia ponadto rozchodzenie się wilgoci wzdłuż kabla w przypadku uszkodzenia powłoki i miejscowego zawilgocenia ośrodka.

Ze względu na niewielki ciężar odcinki fabrykacyjne tego typu kabla mogą być dłuższe, co stanowi także zaletę przy układaniu kabli w trakcie budowy linii. Ponadto dopuszczalna minimalna temperatura, przy której kable te można jeszcze układać, leży znacznie poniżej 0°C .

Wszystkie wymienione wyżej zalety kabla o izolacji papierowej i o polietylenowej powłoce sprawiają, że przy obecnym stanie techniki, tego typu konstrukcja kabla jest rozwiązaniem optymalnym i dlatego też nie ustają poszukiwania coraz to lepszych technicznie i możliwie tanich sposobów uszczelnienia powłoki polietylenowej. Znane już od dawna powłoki, składające się z nałożonych na siebie warstw np. polietylenu, stali i aluminium (tzw. powłoka stalpeth) nie znalazły szerszego zastosowania na świecie tak z powodu trudności produkcyjnych, jak i ze względu na znaczny ich koszt. Znacznie tańsze i stosowane już za granicą rozwiązanie stanowi powłoka polietylenowa pokryta od wewnątrz cienką warstwą folii aluminiowej, a jej dalszym ulepszeniem jest stosowana w Stanach Zjednoczonych powłoka posiadająca obustronnie laminowaną uszczelniającą folię aluminiową, pokrytą od wewnątrz także polietylenem. Pomimo zwiększenia ilości warstw powłoki od jednej (polietylen) do czterech (polietylen - aluminium - polietylen - zewnętrzna powłoka) kable tego typu, oprócz zachowania swych zalet eksploatacyjnych, są tanie, a ich produkcja nie przedstawia większych trudności.

2. STRUKTURA USZCZELNIONEJ POWŁOKI POLIETYLENOWEJ

Jak już wspomniano, powłoka kabla o papierowej izolacji żył powinna oprócz zabezpieczenia mechanicznego chronić także trwale ośrodek kabla przed zawilgoceniem. Wysokociśnieniowy polietylen, stosowany jako materiał na powłoki kablowe, jest wprawdzie wodoszczelny, nie stanowi on jednak skutecznej zapory dla pary wodnej, a zatem nie zabezpiecza kabla przed zawilgoceniem. Aczkolwiek proces przenikania wilgoci do ośrodka kabla jest powolny, zawilgocenie ośrodka jednak stale wzrasta i po stosunkowo niedługim czasie przekracza dopuszczalne wartości, pogarszając tym samym poniżej normy własności transmisyjne torów kablowych.

Ze względu na to, że przepuszczanie pary wodnej jest cechą struktury wszystkich znanych dotąd tworzyw sztucznych konieczne jest w przypadku powłok kablowych stosowanie dodatkowej warstwy uszczelniającej z folii metalowej, gdyż tylko warstwa metalu o odpowiedniej grubości stanowi skuteczną zaporę zarówno dla wody, jak i dla pary wodnej. Minimalna grubość folii metalowej, gwarantująca szczelność, zależy od metody produkcji folii i jest nieco różna dla różnych metali. Folie walcowane, np. z miedzi lub z aluminium, zapewniają całkowitą szczelność przy grubości wynoszącej od 20 do 30 μ . W celu zapewnienia wystarczającej wytrzymałości mechanicznej przy produkcji i układaniu a także w czasie eksploatacji kabla folia metalowa uszczelniająca powłokę mu-

si być jednak grubsza. Do uszczelniania powłok kablowych stosowane są zwykle folie o grubości od 70 do 150 μ . W przypadku folii o grubości 150 μ uszczelniona nią powłoka prawie odpowiada pod względem przewodności elektrycznej powłoce ołowianej. Folie aluminiowe (rys. 1) dzięki swej odporności na korozję, łatwości obróbki i przystępnej cenie okazały się szczególnie przydatne do uszczelniania powłok kablowych. Są one stosowane do uszczelniania powłok polietylenowych np. w Anglii, gdzie już od pewnego czasu są produkowane i stosowane z powodzeniem kable o izolacji papierowej i uszczelnionej folią aluminiową powłoce polietylenowej, zwane kablami o powłoce polietylenowej z barierą Glovera.

Ze względu na to, że spawanie folii aluminiowej w celu uzyskania całkowicie szczelnej rury wokół ośrodka kabla przedstawia znaczne trudności techniczne opracowano metodę, polegającą na sklejaniu zachodzących na siebie na zakładkę brzegów folii. Pas folii pokrytej jedno- lub dwustronnie polietylenem nakładany jest na ośrodek kabla i formowany w rurę o szwie równoległym do osi ośrodka. W przypadku folii pokrytej z jednej tylko strony polietylenem warstewka polietylenu znajduje się tylko na zewnątrz uformowanej rury. Przy podgrzaniu do odpowiedniej temperatury warstewka polietylenu skleja zachodzące na siebie brzegi folii aluminiowej. Istotne jest, aby brzegi folii były mocno ze sobą sklejone wzdłuż całego szwu. Przekrój poprzeczny tak utworzonego szwu aczkolwiek składa się z czterech warstw (aluminium - polietylen - aluminium - polietylen) nie stanowi całkowi-

cie szczelnej zapory dla pary wodnej, która może przenikać do ośrodka kabla przez warstwę polietylenu, znajdującą się między założonymi na siebie brzegami folii aluminiowej. Przenikalność pary wodnej jest proporcjonalna do powierzchni warstwy polietylenu (co w tym przypadku odpowiada jej grubości między zachodzącymi na siebie brzegami taśmy polietylenowej) i odwrotnie proporcjonalna do jej grubości (czyli szerokości zakładki). Grubość warstewki polietylenu wynosi jednak tylko 38 μ , dzięki czemu tego rodzaju konstrukcja zapewnia wystarczającą szczelność, a zatem i trwałość kabla.

Przy stosowaniu folii obustronnie pokrytej polietylenem, między zachodzącymi na siebie brzegami folii aluminiowej znajdują się dwie warstewki polietylenu, których spojenie ze sobą jest łatwiejsze niż, jak w opisanym przypadku, sklejenie aluminium z polietylenem.

3. TECHNOLOGIA WYKONANIA

USZCZELNIONEJ POWŁOKI ALUMINIOWEJ

Wysuszony ośrodek o papierowej izolacji żył, wykonany tak samo jak w przypadku kabla obołowionego, odwijany jest z bębna przez wyciąg gąsienicowy o regulowanym naciągu i przez rolki prowadnicze do rury prowadniczej, a następnie do stożkowego pierścienia, do którego doprowadzana jest także taśma z folii aluminiowej pokryta polietylenem. W urządzeniu formującym taśma nakładana jest na ośrodek kabla i formowana z zakładką w rurę o szwie równoległym do osi ośrodka, przy czym warstwa po-

lietylenu znajduje się na zewnątrz. Ośrodek kabla owinięty w taśmę aluminiową biegnie następnie przez kalibry zaciskające mocno taśmę na ośrodku. Odpowiednio skierowany strumień gorącego powietrza z dyszy, znajdującej się za pierwszym kalibrem, nagrzewa warstewkę polietylenu między brzegami folii, dzięki czemu skleja się ona z aluminiową powierzchnią zakładki dociskanej do niej w drugim kalibrze. Następnie ośrodek kabla ze szczelnie już sklejoną taśmą aluminiową przebiega przez wytłaczarkę, wytłaczającą na nim powłokę polietylenową, która spaja się przy tym z warstewką polietylenu pokrywającą aluminium. Stanowi ona zabezpieczenie ośrodka i otaczającej go folii aluminiowej przed mechanicznymi uszkodzeniami i przed korozją, w trakcie budowy i eksploatacji kabla. Kabel z nałożoną już powłoką polietylenową jest chłodzony wodą w wannie, stojącej za wytłaczarką, po czym szczelność jego powłoki sprawdzana jest za pomocą próbnika przebicia. Z próbnika przebicia kabel biegnie przez wyciąg gaśnicowy i nawijany jest na bęben.

Szczególnie istotne dla prawidłowego przebiegu procesu produkcji powłoki kablowej są rolki prowadnicze formujące ośrodek, rura prowadnicza, pierścień formujący i kalibry o średnicach dobranych odpowiednio do średnicy produkowanego kabla. Rolki prowadnicze formujące ośrodek nadają mu regularny kształt, o przekroju kołowym, najbardziej odpowiedni do uzyskania dobrej jakości nakładanej nań zapory aluminiowej. Rura prowadnicza zapobiega niepożądanemu zwiśowi ośrodka między rolkami i urządzeniem formującym. Dla uzyskania jednorodnego szczel-

nego szwu powłoki aluminiowej istotne jest, aby laminowana taśma aluminiowa nakładana była na ośrodek możliwie gładko, bez powstawania na niej zmarszczek i nierówności. Osiąga się to przez odpowiednie dobranie średnic i kształtu kalibrów, jak i materiału do ich wykonania, a poza tym przez stosowanie tylko całkowicie gładkich taśm laminowanych z folii aluminiowej. Ponadto istotne znaczenie ma urządzenie do nagrzewania warstewki polietylenu przy sklejanu jej z folią aluminiową. Ciśnienie i temperatura strumienia gorącego powietrza wypływającego z dyszy urządzenia są nastawialne, co umożliwia dobranie optymalnych warunków sklejanu dla każdej średnicy i każdej możliwej technicznie prędkości przesuwu produkowanego kabla.

Omawiana konstrukcja powłoki kablowej może być także wykonana przy zastosowaniu poprzecznie karbowanej folii aluminiowej, dzięki czemu uzyskuje się lepszą giętkość kabla. Aczkolwiek w przypadku folii gładkiej uzyskuje się lepszy szew wzdłużny, to jednak zaporą wykonana z folii karbowanej stanowi także skuteczne zabezpieczenie przed wnikaniem pary wodnej do ośrodka kabla.

4. POMIARY SZCZELNOŚCI POWŁOKI

Jak już wspomniano, jednym z głównych wymagań stawianych powłokom kabli o papierowej izolacji żył jest ich szczelność dla wody i pary wodnej. Miarą stosowaną do określania tej cechy powłoki jest współczynnik jej szczelności. Współczynnik ten wyrażony jest stosunkiem

ilości wody przenikającej przez powłokę polietylenową bez metalowego uszczelnienia do ilości wody przenikającej przez powłokę uszczelnioną. Szczelność powłok z ołowiu lub z karbowanej blachy stalowej sprawdza się łatwo za pomocą metody ciśnieniowej, wtlaczając do wyprodukowanych odcinków kabli sprężone powietrze i obserwując następnie stan nadciśnienia w kablu. Oznaką nieszczelności powłoki zamkniętego na końcach kabla jest spadek ciśnienia znajdującego się w nim powietrza. Metoda ta jednak nie nadaje się w przypadku omawianych powłok polietylenowych uszczelnionych folią aluminiową. Nawet bowiem przy istniejących nieszczelnościach w zaporze aluminiowej ciśnienie wewnątrz kabla nie spadnie, gdyż polietylenowa powłoka kabla nie przepuści powietrza.

Oprócz szczelności folii aluminiowej istotne jest także zbadanie jakości niedostępnego pod powłoką polietylenową szwu zapory w celu miarodajnego określenia jej współczynnika szczelności (rys. 2), a na jego podstawie - niezawodności kabla.

Szczelność powłok polietylenowych z zaporą aluminiową bada się w następujący sposób. Próbki kabla po usunięciu z nich ośrodków zamykane są szczelnie na końcach i zanurzane w wodzie. Przez badane powłoki przetłacza się suche powietrze, które zbiera wilgoć, przenikającą do wnętrza powłoki w trakcie jej przebywania w wodzie. Wydmuchiwana wilgoć gromadzona jest w suszniku, do którego kierowane jest powietrze wychodzące z powłoki. Następnie określa się ilość wilgoci zawartej w suszniku, tj. tej, która przeniknęła do wnętrza powłoki. Do badań

wyrywkowych nadają się próbki kabli o długości ok. 10 m, a miarą wilgoci, która wniknęła do próbki, jest przyrost ciężaru susznika. Do określenia ilości wilgoci mogą być także stosowane higrometry, chromatografy gazowe lub konduktometry. Szczególnie przydatne przy badaniu szczelności powłok kablowych okazały się higrometry elektrolityczne (konduktometry). Za ich pomocą można zmierzyć nawet bardzo małe ilości wilgoci, dzięki czemu badane próbki mogą być znacznie krótsze, nawet tylko około 40 cm.

W higrometrze elektrolitycznym badane zawilgocone powietrze przechodzi wokół platynowej spirali pokrytej pięciotlenkiem fosforu absorbującym wilgoć. Do spirali tej przyłożone jest napięcie stałe. Wilgoć rozkładana jest elektrolitycznie na tlen i wodór, a natężenie prądu elektrolizy, rejestrowane automatycznie pisakiem, jest miarą wilgoci zawartej w badanym powietrzu, czyli wilgoci, która wniknęła do badanej próbki kabla. Za pomocą tego typu higrometrów, które zwykle są wielozakresowe, można wykryć z dużą dokładnością znikome ilości wilgoci rzędu nawet tylko kilku milionowych ($10^{-4}\%$). Przepływ zawilgoconego gazu przez higrometr w trakcie pomiaru musi mieć stałe natężenie. Przy zestawianiu układu pomiarowego należy szczególnie zwrócić uwagę na to, aby tłoczony przez próbkę gaz nie był zawilgocany nigdzie poza obrębem próbki. Próbki należy bardzo starannie uszczelniać na ich końcach, gdyż przez ewentualne nieszczelności wokół przepustów do próbki może wniknąć znacznie więcej wilgoci niż przez powłokę polietylenową, uszczelnioną za-

porą aluminiową. Przed rozpoczęciem pomiarów cały zestaw musi być dobrze wysuszony, a ponadto należy także zmierzyć zawartość wilgoci w stosowanym do pomiaru gazie, który również powinien być suchy. Na rys. 2 przedstawiono schemat układu pomiarowego do badania szczelności powłok kablowych. Suchy gaz tłoczony jest wpierw przez susznik absorbujący z niego resztki wilgoci, a następnie po przejściu przez próbkę zawilgocony już gaz wchodzi do higrometru, za pomocą którego mierzona jest i zapisywana automatycznie zawartość w nim wilgoci. Włączony za higrometrem miernik przepływu mierzy ilość gazu przetłoczonego przez próbkę. Zmierzona miernikiem przepływu wartość i zapisana wartość przez higrometr służą do obliczania ilości wilgoci, która w czasie pomiaru przeniknęła przez badaną próbkę powłoki do jej wnętrza.

W wyniku wykonanych opisaną metodą pomiarów stwierdzono, że współczynnik szczelności dla powłok uszczelnionych zaporą z gładkiej folii aluminiowej wynosi od 600 do 800.

5. PRZEWIDYWANA TRWAŁOŚĆ KABLI

Trwałość kabla jest to okres czasu, w którym kabel może spełniać zadania, dla jakich został wyprodukowany przy założeniu, że nie zostanie on w jakikolwiek sposób uszkodzony. W przypadku omawianych kabli o papierowej izolacji żył własności transmisyjne kabla będą się pogarszały wraz ze wzrostem jego zawilgocenia. Wnikają-

ca przez powłokę kabla do jego ośrodka wilgoć będzie przede wszystkim powodowała ciągły spadek oporności izolacji aż do przekroczenia dopuszczalnej wartości granicznej, przy czym zmiany pojemności skutecznej torów i współczynnika stratności mogą być jeszcze nieznaczne. W tabeli 1 przedstawiono wartości oporności izolacji dla pary żył kablowych w zależności od stanu zawilgocenia izolacji w %. Oporność izolacji dla wysuszonych kabli o izolacji papierowej wynosi zwykle ok. $2 \dots 5 \times 10^4 \text{ M}\Omega$. Przyjmując jako dopuszczalną minimalną wartość oporności izolacji kabla $5 \cdot 10^3 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$ (wg VDE dla kabla StIII) odczytujemy z tabeli, że zawilgocenie izolacji w okresie jego niezawodnej eksploatacji może wzrosnąć jeszcze tylko o 1% (z 3 do 4%).

T a b e l a 1

Zależność oporności izolacji od jej zawilgocenia

Zawilgocenie izolacji papierowej	2	2,5	3	4	5	%
Oporność izolacji pary żył	10^5	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^2$	$\text{M}\Omega \cdot \text{km}$

Trwałości kabla nie można zmierzyć bezpośrednio. Oblicza się ją pośrednio ze stosunkowo krótkiej trwałości t_0 kabla o izolacji papierowej i powłoce polietylenowej nieuszczelnionej, którą względnie łatwo można określić teoretycznie i praktycznie, i ze współczynnika szczelności t_s wskazującego, w jakim stosunku zapora aluminiowa

zwiększa szczelność powłoki, opóźniając zawilgocenie ośrodka kabla. Przewidywana trwałość kabla o powłoce uszczelnionej zaporą aluminiową wynosi więc:

$$t = t_0 \cdot f_s \quad (1)$$

Teoretyczną niezawodność t_0 kabla o izolacji papierowej i o powłoce nieuszczelnionej oblicza się na podstawie praw dyfuzji (prawa Ficka) zastosowanych do rury, przyjmując jako warunek, że ciśnienie pary wodnej wewnątrz rury na skutek higroskopijności papieru jest stale równe zeru. Biorąc pod uwagę, że grubość ścianki powłoki kablowej jest znacznie mniejsza od średnicy wewnętrznej kabla, czas, w którym ilość wody N wnika do wnętrza kabla, wyraża się następującym równaniem:

$$t = \frac{N \cdot W}{\varphi \cdot D \cdot F} \quad (2)$$

gdzie:

t - czas w godzinach,

N - ilość wody, która wnikała do kabla w G/km długości kabla (w naszym przypadku 0,01 •
• ciężar papieru; patrz tabela 2),

W - droga przenikania (dyfuzji) w cm (w naszym przypadku grubość powłoki kabla),

F - przekrój przenikania w cm^2 (w naszym przypadku powierzchnia zewnętrzna powłoki kabla w cm^2/km długości kabla),

D - współczynnik dyfuzji (dla polietylenu wysokociśnieniowego $D = 2,5 \dots 3 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{h}$),

ρ - nasycenie pary wodnej przy $20^\circ\text{C} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$.

Teoretycznie obliczone wartości trwałości kabla o papierowej izolacji żył i o powłoce polietylenowej nieuszczelnionej zestawione są w tabeli 2. Zastosowanie na powłoki kablowe polietylenu o dużej gęstości (wg VDE 0209/6.65 niedopuszczalny na powłoki) i o pięciokrotnie mniejszym współczynniku dyfuzji D przedłużyłoby trwałość kabla pięciokrotnie. Z tabeli 2 wynika, że powłoka polietylenowa bez uszczelnienia nie zapewnia długiej trwałości dla kabli o izolacji papierowej. Zwiększenie grubości powłoki także nie daje istotnego rezultatu, a osiągnięcie trwałości rzędu np. 50 lat wymaga również stosowania zapory uszczelniającej.

Otoczająca ośrodek wzdłuż całego kabla warstwa z folii aluminiowej stanowi zapórę dla wilgoci, a dyfuzja pary wodnej do wnętrza kabla może się odbywać tylko przez warstewkę polietylenu w szwie zapory między zachodzącymi na siebie na zakładkę brzegami folii. Teoretyczną trwałość i współczynniki trwałości kabli o izolacji papierowej i o powłoce polietylenowej, uszczelnionej zaporą z folii aluminiowej, można obliczyć wstawiając do równania (2) dane z tabeli 3. Zamiast grubości powłoki W wstawiamy teraz szerokość zakładki, a zamiast powierzchni zewnętrznej powłoki F powierzchnię przekroju warstwy polietylenu w zakładce.

T a b e l a 2

Teoretyczna trwałość kabli o izolacji papierowej i o nieuszczelnionej powłoce polietylenowej

Liczba par (\varnothing żyły = = 0,6 mm)	Średnica zewnętrzna mm	Grubość powłoki mm	Ciężar papieru całego ośrodką kg/km	Dodatkowa dopuszczal- na ilość wody G/km	Teoretyczna trwałość lat
10	11,9	1,8	21	210	0,3
100	25,7	2,0	103	1030	0,75
1000	72,0	3,4	836	8360	3,5

T a b e l a 3

Szerokość zakładki i przekrój warstwy polietylenu
w zakładce

Liczba par (\varnothing żyły = 0,6 mm)	Szerokość zakładki cm	Przekrój warstwy polietylenu cm ² /km kabla
10	0,65	} 380
100	1,2	
1000	1,9	

Jak wynika z tabeli 4, teoretyczna trwałość kabli o powłokach uszczelnionych jest, dzięki współczynnikowi szczelności wynoszącemu więcej niż 1000, bardzo długa.

T a b e l a 4

Teoretyczny współczynnik szczelności i teoretyczna trwałość kabli o powłokach uszczelnionych zaporą z folii aluminiowej

Liczba par (\varnothing żyły = 0,6 mm)	Współczynnik szczelności	Trwałość kabla o po- włoce z zaporą alu- miniową lat
10	3000	900
100	12000	9000
1000	30000	100000

W tabeli 5 podane są wartości współczynnika szczelności i trwałość kabli obliczone na podstawie pomiarów doświadczalnych, opisanych w rozdz. 4 niniejszego opra-

cowania. Otrzymane tą metodą wartości współczynnika szczelności rzędu 600 do 800 są wprawdzie znacznie mniejsze od wartości obliczonych teoretycznie, lecz wynikająca z nich trwałość kabli jest jeszcze bardzo duża.

T a b e l a 5

Trwałość kabli przy współczynniku szczelności
zmierzonym doświadczalnie

Liczba par (\varnothing żyły = 0,6 mm)	Współczynnik szczelności	Trwałość kabla o powłoce z zaporą aluminium lat
10	} ~ 600	200
100		500
1000		2000

Przy pomiarach współczynnika szczelności zastrzeżone warunki, tj. zanurzenie próbki w wodzie przy temperaturze 20°C , nie mają wpływu na wynik, gdyż są to pomiary porównawcze. Zakładane natomiast ostrzejsze warunki przy obliczaniu trwałości kabli o izolacji papierowej i nieuszczelnionej powłoce polietylenowej sprawiają, że podane w tabeli 2 okresy trwałości będą praktycznie dłuższe. Oznacza to, że nawet w przypadku kabli o najcieńszych powłokach uszczelnienie powłoki zaporą aluminium zwiększy trwałość kabla przynajmniej o przeszło 100 lat, gdyż praktyczny współczynnik szczelności wynosi minimum 600. Z rozważań niniejszych wynika, że kable telekomunikacyjne o izolacji papierowej i o powłoce polietylenowej uszczelnionej zaporą aluminium zasługują na uwa-

gę tak ze względu na swoją długą trwałość, jak i na niską cenę papierowej izolacji, która zabezpieczona przed zawilgoceniem posiada bardzo dobre własności elektroizolacyjne. Ponadto mały ciężar tego typu kabli przy przystępnej cenie polietylenu pozwala przypuszczać, że kable typu XTKM z zaporą Glovera będą coraz częściej stosowane w eksploatacji, jak to już ma miejsce w niektórych krajach na świecie.

6. OSŁONY ZŁĄCZOWE

Jako osłony na złącza kabli o izolacji papierowej i o powłoce polietylenowej uszczelnionej zaporą aluminiową mogą być stosowane wszystkie rodzaje osłon używane dla kabli o izolacji i powłoce polietylenowej. Szczególnie odpowiednie są tu osłony chroniące ośrodek złącza przed wnikaniem doń wody i pary wodnej, jednak w przypadku kabli układanych w kanalizacji ma to mniejsze znaczenie, gdyż złącza tych kabli znajdują się w "suchych" studniach kablowych.

Dobrze chroniąca ośrodek złącza przed zawilgoceniem jest polietylenowa osłona typu SEL (SEL-PE-Verbindungs-muffe), uszczelniana mechanicznie na końcach w trakcie montażu. Składa się ona z mosiężnej tulei oraz z dwóch końcówek, z których każda składa się z dwóch pierścieni. W trakcie montażu między dwa pierścienie założone na koniec kabla przy złączu nakłada się uszczelniającą masę "Prestic". Na przygotowane w ten sposób z obu stron złącza końcówki nasuwa się tuleję mosiężną, a następnie

skręca się śrubami pierścienie końcówek, przy czym masa uszczelniająca wyciskana jest z pomiędzy pierścieni tak, że uszczelnia szpary między pierścieniami a osłoną i powłoką (rys. 3a). W przypadku potrzeby wewnątrz osłony można wykonać dodatkowe przegrody, zapobiegające przedostawaniu się wilgoci do złącza i do znajdującego się za nim odcinka kabla w przypadku uszkodzenia i zawilgocenia jednego z dwu połączonych ze sobą odcinków kabli.

Galwaniczne połączenie końców aluminiowych zapór obu łączonych kabli może być w koniecznym przypadku wykonane przez zdjęcie z końców kabli niewielkiego odcinka powłoki polietylenowej i przymocowanie do odsłoniętych końców zapór aluminiowych łączącego je drutu lub taśmy metalowej.

Oslony metalowe mocowane mechanicznie na końcach łączonych kabli mogą być także dzielone wzdłuż i skręcane śrubami, przy czym jako uszczelnienie służy wtedy warstwa gumy butylowej, zakładana do rowka wzdłuż brzegu jednej z połówek osłony. Końce tego typu osłony uszczelniane są w sposób podobny do opisanego wyżej. Oslony te wykonywane są jako żeliwne ocynkowane (Japonia) lub aluminiowe.

Rozwiązanie które może znaleźć zastosowanie w przypadku omawianych kabli są osłony polietylenowe spawane. Osłona tego typu składa się z tulei polietylenowej i dwóch stożkowych końcówek zakładanych na tuleję, a po wykonaniu ośrodka złącza, spawanych ze sobą i z polietylenową powłoką kabla za pomocą strumienia gorącego po-

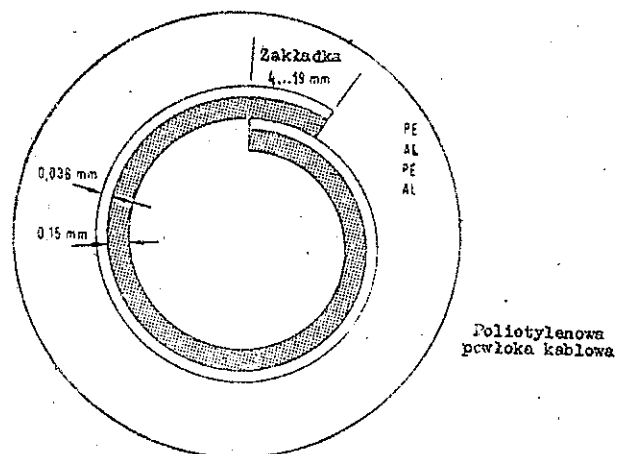
wietrza lub elektrycznie. W tym drugim przypadku jednak w brzegi osłon i końcówek muszą być wtopione druty grzejne, które po połączeniu ich np. z akumulatorem wydzielają wystarczającą ilość ciepła do spojenia dociśniętych do siebie łączonych elementów. Osłony tego typu nie stanowią całkowicie skutecznej zapory dla wilgoci, lecz, jak już wspomniano, nie ma to wielkiego znaczenia dla złączy umieszczanych w studniach kablowych.

W Anglii przy montażu kabli o powłokach polietylenowych z zaporą Glovera stosowana jest jeszcze inna metoda, polegająca na uszczelnianiu polietylenowej osłony złączowej kitem z żywicy sztucznej lub z polietylenu (rys. 3b). W przypadku niekorzystnych warunków, gdy zachodzi obawa, że złącze może zostać zawilgocone, polietylenową tuleję osłony można zastąpić tuleją metalową.

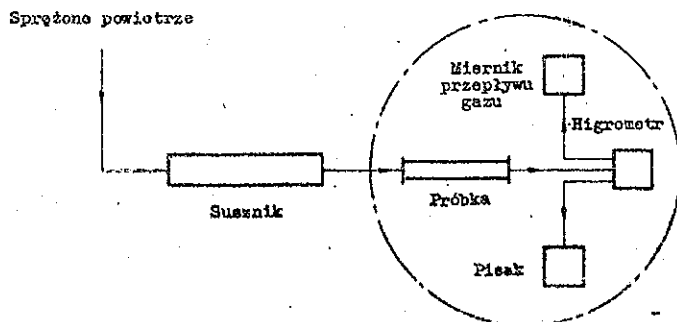
WYKAZ LITERATURY

1. Mildner R.C., Rapp W.E. i Snow J.H.: The evolution of sheath construction for communication cables.
15. doroczne sympozjum na temat przewodów i kabli, Atlantic City, N.J., grudzień 1966 r.
2. Buhman G.: Kunststoffe in der Kabeltechnik, NTZ, 1967, t. 20, nr 1, s. 38-43.
3. Hocker E.J. i Glover D.W.: Improvements in Electric Cables. Patent brytyjski nr 886417.
4. Hamilton R.L.: Water vapor permeability of polyethylene and other plastic materials, Bell System Techn. J. 1967, t. 46, nr 2, s. 391-415.

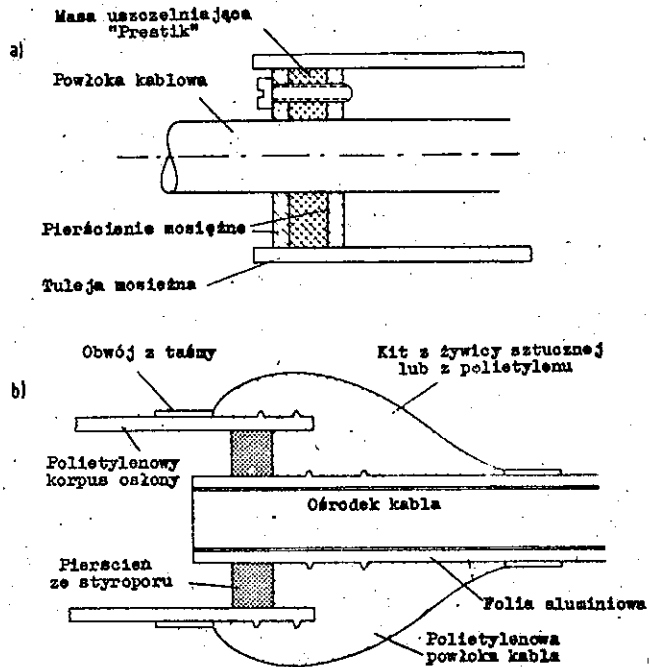
5. Hayes H.S.C.: The Dover-Deal Experimental Cable.
Post Office El. Eng. J. 1956, t. 48, nr 4, s. 221-
-228 i 1956, t. 49, nr 1, s. 22-26.
6. Still J.E. i Cluley H.J.: Construction and applica-
tions of an electrolytic hygrometer. Proc. Soc. Ana-
lyt. Chem. Congress, Nottingham, July 1965.
7. Widl E. i Juris F.: Verbindungs - und Abzweigmuffen
für Polyäthylen - Fernmeldekabel. SEL-Nachr., 1960,
t. 8, nr 1, s. 16-19.
8. Kuhfuss W. i Müller W.: Muffen für Nachrichtenkabel
mit Polyäthylenmantel. Siemens-Z., 1965, t. 39, nr 11,
s. 1229-1232.
9. Schupp P.O.: Über die Wasserdurchlässigkeit von Ka-
belmänteln für Fernmeldekabel. Europ. Fernsprech-
dienst 1940, t. 55, Juli, s. 110-116.



Rys. 1. Przekrój powłoki uszczelnionej folią aluminiową



Rys. 2. Schemat strukturalny układu do określania współczynnika szczelności powłok kablowych



Rys. 3. Schematy dwóch typów osłon złączowych stosowanych dla kabli o powłokach polietylenowych

ŁĄCZENIE KABLI O POWŁOKACH METALOWYCH Z KABLAMI O POWŁOKACH Z TWORZYW SZTUCZNYCH

Opracował W. Sikora na podstawie artykułu
Klett H. i Hilt O.: Stopfbuchsenmuffen und
Giessharzmuffen als Übergang zwischen me-
tallummantelten und kunststoffummantelten
Kabeln. Fernmelde - Praxis, 1967, t. 44,
nr 7, s. 283-292.

1. WSTĘP

W nowoczesnej telekomunikacyjnej sieci kablowej oprócz kabli o powłokach metalowych z ołowiu, aluminium lub blachy stalowej stosowane są coraz częściej kable o powłokach z tworzyw termoplastycznych. Szereg zagadnień montażowych, dotyczących kabli plastikowych, wiąże się m.in. także z koniecznością łączenia tych kabli z kablami starego typu. Głównym zadaniem powłok kablowych, w przypadku papierowej izolacji żył, oprócz zabezpieczenia mechanicznego, jest także ochrona ośrodka kabla przed zawilgoceniem. To samo zadanie muszą prze- to spełniać osłony złączowe stosowane przy łączeniu kabli obołowionych z kablami o powłokach plastikowych. Ze względów ekonomicznych kable o izolacji i powłoce z tworzyw termoplastycznych zawierają mniejsze ilości par i stosowane są jako kable rozdzielcze, stacyjne i instalacyjne. Przy rozpatrywaniu więc zagadnienia monta- żu kabli plastikowych należy także zwrócić uwagę na konieczność łączenia ich z wieloparowymi kablami oboło-

wionymi w złączach rozdzielczych, wymagających odpowiednio przystosowanych osłon.

Zagadnienie osłon złączowych, pomimo istnienia już rozwiązań spełniających zadowalająco stawiane im wymagania, ciągle jeszcze jest tematem badań i prób, prowadzonych w różnych krajach. Celem tych badań jest uzyskanie osłon, które oprócz spełnienia podstawowych wymagań byłyby również tanie i łatwe do montowania.

Tematem niniejszego opracowania są proponowane i wypróbowywane przez Poczte NRF osłony złączowe, zaciskane mechanicznie na kablu plastikowym i osłony, wykonywane jako odlewy z żywicy sztucznej.

2. OSŁONY Z PRZEPUSTAMI USZCZELNIANYMI METODĄ MECHANICZNEGO ZACISKU

Osłony tego typu dla złączy przelotowych wykonano w następujący sposób. Do ołowianej osłony złączowej na jednym jej końcu przylutowano dławnicę, zawierającą gumowy pierścień, ściskany nakrętką przy mocowaniu osłony na kablu o powłoce plastikowej. Średnice wewnętrzne użytych końcówek wynosiły 23 mm i 30 mm.

Przed montażem osłonę nasuwa się dławnicą na koniec kabla plastikowego. Po wykonaniu w zwykły sposób połączeń żył kabla o izolacji plastikowej z żyłami kabla o izolacji papierowej i nasunięciu na nie tulejek izolacyjnych, związano cały ośrodek złącza i nasunięto nań osłonę. W niektórych przypadkach pod osłonę zakładano również woreczki z wysuszonym niebieskim (wskaźnikowym)

żelem krzemowym. Następnie dokręcano mocno nakrętkę przyłutowanej do osłony dławnicy, mocując szczelnie w ten sposób osłonę na kablu plastykowym. Mocno nakręcona nakrętka zgniata umieszczony pod nią pierścień uszczelniający, który dociskany jest wtedy dokładnie wokół całego obwodu kabla. W celu lepszego zabezpieczenia przed wnikaniem wilgoci przestrzeń między powłoką kabla a nakrętką można dodatkowo wypełnić kitem uszczelniającym, stosowanym również przy instalowaniu ulicznych aparatów telefonicznych. Po przyłutowaniu drugiego końca osłony do powłoki kabla obołowionego zalutowywano również jej wzdłużne rozcięcie. Wykonaną w opisany sposób osłonę złączową przedstawia rys. 1.

Przy prawidłowym wykonaniu, osłony tego typu zabezpieczają skutecznie ośrodek złącza przed wilgocią, a ponadto mają tę zaletę, że w razie potrzeby można je otworzyć.

Opisane osłony wypróbowano wielokrotnie, gdy przy przełączaniu zaistniała potrzeba wykonania złączy kabli plastykowych z kablami ołowianymi bez możliwości przerywania ruchu telefonicznego.

3. ZŁĄCZA Z ŻYWICY SZTUCZNEJ

Żywice sztuczne jako materiał izolacyjny są już od dawna stosowane do różnych celów w elektrotechnice. Producenti dostarczają je zwykle w opakowaniach, zawierających ściśle określone ich ilości wraz z osobno opakowaną odpowiednią ilością utwardzacza. Po dokładnym wy-

mieszaniu żywicy z utwardzaczem, mieszaninę należy bezwzględnie wlać do przygotowanej uprzednio formy, gdyż utwardza się ona stosunkowo szybko, wydzielając przy tym ciepło. Czas utwardzania się żywicy zależy zarówno od ilości użytego utwardzacza jak i od temperatury otoczenia, a jej twardość po skrzepnięciu zależy od ilości użytego utwardzacza. Przy pracy z żywicą sztuczną należy pamiętać, że zawiera ona składniki trujące dla organizmu ludzkiego. Jej pozostałości np. z rąk należy zmywać toluenem. Proces utwardzania się żywicy jest nieodwracalny, i wykonane z niej odlewy nie dają się powtórnie zmiękczyć. Nie można jej również przechowywać zbyt długo, gdyż zachodzi w niej powolny proces samoutwardzania. Termin, do którego dana żywica powinna być zużyta, jest zwykle podany na jej opakowaniu. W handlu spotkać można żywicę pod różnymi nazwami firmowymi. Stosowana w Polsce żywica epoksydowa do wykonywania w kablach przegród gazoszczelnych nosi np. nazwę "Epidian". Przy zachowaniu ostrożności i przestrzeganiu przepisów, dotyczących sposobów jej użycia, stosowanie żywicy sztucznej nie nastręcza prawie żadnych trudności.

3.1. Osłony złączowe nierozbieralne

Po wykonaniu ośrodka złącza zakłada się nań przezroczystą formę osłony złączowej wykonaną z tworzywa sztucznego. Po zamocowaniu formy na łączonych kablach za pomocą samoklejącej taśmy z tworzywa sztucznego, zakłada się w jej otwory lejki wlewowe. Opakowanie zawierające

formę osłony zawiera także odpowiednią ilość żywicy i utwardzacza, które należy ze sobą wymieszać i wlać przez lejki do przygotowanej formy. Woreczek plastikowy zawierający żywicę i utwardzacz posiada wewnątrz szczelną przegrodę, którą można otworzyć bez naruszenia jego zewnętrznej powłoki. Zewnętrzną powłokę woreczka otwiera się dopiero po dokładnym wymieszaniu jego zawartości bezpośrednio przed waniem żywicy do formy. Żywica wlewana do formy (rys. 2) jest stosunkowo rzadka i wypełnia dokładnie całe wnętrze formy, przesycając ośrodek złącza i wypychając przez lejki wlewowe zawarte w formie powietrze. W zależności od rozmiaru formy, wypełniająca ją żywica twardnieje po upływie od 0,5 do 1 godziny. Odpowiednie ustawienie lejków wlewowych umożliwia wypełnianie żywicą form usytuowanych poziomo, skośnie lub nawet pionowo. Po utwardzeniu się żywicy lejki wlewowe odłamuje się. Wykonana w ten sposób osłona złącza z żywicy jest całkowicie wodoszczelna nawet bez pokrywającej ją formy zewnętrznej. Stosowanie tego typu nierozbieralnych osłon złączowych przy łączeniu kabli o powłokach metalowych z kablami o powłokach z tworzyw sztucznych możliwe jest w większości przypadków, gdyż zwykle nie ma potrzeby powtórnego otwierania wykonanych złączy.

3.2. Osłony złączowe rozbieralne

a. Wykonany ośrodek złącza kilkakrotnie owija się szczelnie taśmą samoklejącą z tworzywa sztucznego (np.

"Coroplastband"), przy czym strona klejąca taśmy powinna być zwrócona na zewnątrz obwoju. Na tak uszczelniony ośrodek zakłada się formę z tworzywa sztucznego, wypełniając ją następnie żywicą epoksydową wymieszaną z utwardzaczem. Wlewana do formy przez lejki wlewowe żywica wypełnia tylko przestrzeń między obwojem z taśmy samoklejącej a ścianką formy i nie przesycza, jak w poprzednim przypadku, ośrodka.

Przy powtórным otwieraniu tak wykonanej osłony łączowej zdejmuje się wpierrw formę z tworzywa sztucznego, rozcinając ją w tym celu nożem monterskim, a następnie rozbija się młotkiem osłonę z żywicy i odwija taśmę samoklejącą, pokrywającą ośrodek złącza. Przy stosowaniu tego typu osłon łączowych należy zwrócić uwagę na to, aby używane formy były wystarczająco długie, tzn. aby osłona z żywicy obejmowała końce łączonych kabli na przestrzeni odpowiednio długich odcinków, co zapewni jej konieczną wytrzymałość mechaniczną.

b. Rozbieralną osłonę łączową z żywicy epoksydowej można również wykonać w następujący sposób. Po szczelnym owinięciu ośrodka złącza taśmą samoklejącą (klejącą stroną taśmy na zewnątrz) owija się go kilkakrotnie taśmą, wykonaną ze sztucznego włókna. Na obwój z taśmy włóknistej nakłada się tulejkę wtryskową, owijając następnie szczelnie cały ośrodek złącza specjalnym bandażem elastycznym. Przez wystający koniec tulejki wtłacza się pod bandaż żywicę wymieszaną z utwardzaczem. Wtłaczana za pomocą ręcznej wtłaczarki żywica przesycza

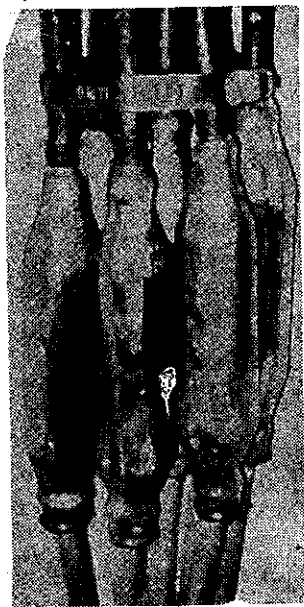
szczelnie obwój z taśmy włóknistej, znajdujący się między obwojem z taśmy samoklejącej i obwojem z bandaża elastycznego. Po utwardzeniu się żywicy bandaż i tulejkę wtryskową zdejmuje się z osłony.

Przy otwieraniu tego typu osłony należy rozbić skorupę z żywicy oraz rozciąć i usunąć obwoje z taśmy włóknistej (siatkowej), co nie zawsze jest łatwe. Opisana metoda ma jednak tę zaletę, że długość wykonywanej osłony jest dowolna, dzięki czemu łatwiej można osiągnąć odpowiednią dla danego złącza wytrzymałość mechaniczną osłony. Metodę tę można także stosować w przypadku złączy rozgałęźnych.

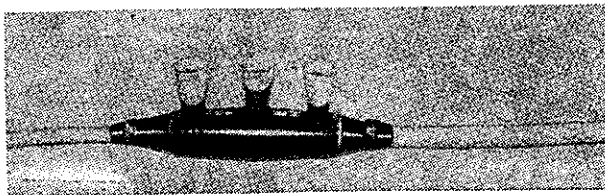
Producent dostarcza zwykle kompletne zestawy materiałów, potrzebne do wykonania tego typu osłony złączowej.

4. ZAKOŃCZENIE

Jak wynika z pierwszych doświadczeń, osłony złączowe wykonane opisanymi metodami zabezpieczają wystarczająco złącza przed uszkodzeniami mechanicznymi i przed zawilgoceniem. Ostateczną ocenę o ich przydatności będzie można wydać po kilkuletnim okresie ich eksploatacji. Z porównania kosztów wynika, że najtańsze z omawianych typów są osłony z dławnicą zaciskaną mechanicznie na kablu plastikowym, a najdroższe są osłony nierozbieralne z żywicy sztucznej. Czas wykonania natomiast jest najkrótszy w przypadku osłon nierozbieralnych (z pominięciem czasu utwardzania się żywicy) i wynosi ok. 25 min, a czas wykonania osłony z dławnicą zaciskaną mechanicznie jak i "osłony z taśmy siatkowej" wynosi ok. 40 min.



Rys. 1. Osłony złączowe z dławnicami



Rys. 2. Forma osłony złączowej wypełniona żywicą. Lejków nie należy usuwać przed utwardzeniem się żywicy

MONTAŻ TELEFONICZNYCH KABLI ROZDZIELCZYCH O IZOLACJI I POWŁOCE Z TWORZYW TERMOPLASTYCZNYCH

Opracował W. Sikera na podstawie artykułu Eppert H.: Montage von plastisolierten Fernmelde-Anschlusskabeln, Mitteilungen dem Institut für Post-u. Fernmeldewesen, grudzień 1966 r., nr 4, s.9-14.

1. WSTĘP

Zastępowanie w coraz szerszym zakresie kabli o izolacji papierowo-powietrznej i powłoce ołowianej kablami o powłoce i izolacji z tworzyw sztucznych związane jest z szeregiem nowych zagadnień montażowych, rozwiązywanych rozmaicie i z różnymi wynikami w różnych krajach.

Opracowanie niniejsze zawiera opis doświadczeń przeprowadzonych przez Pocztę w NRD w zakresie montażu kabli rozdzielczych kanałowych o izolacji i powłoce polietylenowej, produkowanych wg normy zakładowej KWKS 55712 z 1965 r. [5].

2. MONTAŻ KABLI

Zastosowanie polietylenu wysokociśnieniowego do izolowania żył kablowych i na powłokę kabla zmienia własności kabla, a zatem powoduje także konieczność zmiany sposobów montażu, stosowanych uprzednio dla kabli o izolacji papierowo-powietrznej i powłoce ołowianej.

Jedna z tych zmian dotyczy temperatury układania ka-

bli, która wg przemysłu kablowego dla kabli polietylenowych nie może być niższa niż -8°C . Dopuszczalna średnica łuku przegięcia kabla nie uległa niestety zmianie i równa jest, jak w przypadku kabli obołowionych, 20-krotnej średnicy zewnętrznej kabla. Wymaganie to jednak nie zawsze może być spełnione w praktyce. W związku z rozpoczęciem produkcji kabli polietylenowych przemysł kablowy powinien być przeprowadzić odpowiednie badania także tych parametrów nowych kabli, które są istotne z punktu widzenia montażu, jak np. dopuszczalna średnica jednorazowego przegięcia kabla przy jego montażu dla przypadku, gdy nie przewiduje się rychłego odginania kabla do pozycji pierwotnej. Z doświadczeń monterów wynika, że w przypadku kabli obołowionych ustalona swego czasu dopuszczalna średnica przegięcia może być przekroczona bez szkody dla giętego kabla.

Jedną z ogólnych własności, nie podawanych zwykle, jest palność kabli polietylenowych na skutek palności stosowanego dziś polietylenu. Z tego względu w studniach kablowych i szafkach rozdzielczych w pobliżu tych kabli należy zachować największą ostrożność przy operowaniu płomieniem i posługiwaniu się wszelkimi urządzeniami silnie nagrzewającymi. Kable, które po wyprodukowaniu lub po montażu poddawane są kontroli ciśnieniowej muszą być chronione przed nagrzanem do zbyt wysokiej temperatury, gdyż wytrzymałość mechaniczna polietylenu, a w szczególności jego wytrzymałość trwała maleje znacznie ze wzrostem temperatury. Między innymi kable te muszą być chronione także przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych.

Kable polietylenowe muszą być także chronione przed zetknięciem się z wszelkiego rodzaju olejami i tłuszczami, które działają niszcząco na polietylen. Należy więc przy rozwijaniu i układaniu kabla zwracać uwagę, czy podłoże nie jest zanieczyszczone tymi szkodliwymi substancjami. Wszelkie materiały i narzędzia używane do montażu nie mogą być zanieczyszczone tłuszczem szkodliwie działającym na polietylen.

Jakkolwiek struktura kabli polietylenowych jest taka jak kabli obołowionych, to jednak kable polietylenowe są sztywniejsze, gdyż izolacja z pełnego polietylenu jest sztywniejsza niż izolacja papierowo-powietrzna. Większa sztywność nowych kabli ma także wpływ na montaż, gdyż np. odpowiednio wygięty kabel w studni kablowej musi być zamocowywany specjalnymi uchwytami.

Poszczególne żyły kablowe są oznaczone barwą swej izolacji, która może być niebieska, brązowa, żółta, zielona, czerwona lub biała, przy czym obecnie kolor biały i brązowy służy do rozróżniania wiązek o różnych skokach skrętu:

Wiązka	para I		para II	
	żyła a	żyła b	żyła a	żyła b
Czwórka licznikowa (I)	żółta	czerwona	zielona	niebieska
Czwórka II	żółta	brązowa	zielona	niebieska
Czwórka III	żółta	biała	zielona	niebieska

Ten sposób znakowania stwarza jednak znaczne trudności przy montażu. Szukanie czerwonej żyły czwórki licznikowej jak i częste przypadki łączenia czwórki białej z czwórką brązową niepotrzebnie utrudniają pracę. Przy budowie linii doświadczalnych praktycy zaproponowali wyraźniejsze oznakowanie czwórki licznikowej i mniej różniące się między sobą oznakowanie czwórek o różnych skokach. Przemysł kablowy mógłby spełnić tę propozycję przez zamianę koloru czerwonego z białym:

Wiązka	para I		para II	
	żyła a	żyła b	żyła a	żyła b
Czwórka licznikowa (I)	żółta	biała	zielona	niebieska
Czwórka II	żółta	brązowa	zielona	niebieska
Czwórka III	żółta	czerwona	zielona	niebieska

3. BUDOWA KANAŁOWEJ LINII KABŁOWEJ

Kable o powłokach polietylenowych pomimo swych odmiennych własności wymagają wprowadzenia tylko nieznacznych zmian w wymaganiach, dotyczących zaciągania do kanalizacji. Aczkolwiek zmiany te są nieznaczne w stosunku do zaciągania kabli obojętnych, to jednak wymagania te muszą być ściśle przestrzegane. Dotyczy to przede wszystkim czynności wykonywanych w trakcie budowy linii z samym kablem i czynności przygotowawczych, mają-

cych zapewnić łatwe i sprawne zaciąganie i mocowanie kabli.

Otwory kanalizacji, w które mają być zaciągane kable polietylenowe, muszą być przedtem starannie oczyszczone. Odnosi się to także do otworów kanalizacji, w których uprzednio były zaciągnięte kable obołowione. Z kanalizacji musi być bezwarunkowo usunięty znajdujący się w niej ostry piasek i wszelkie zanieczyszczenia zawierające tłuszcz. W przeciwnym przypadku należy się liczyć ze znacznym skróceniem okresu eksploatacyjnej użyteczności kabli.

Sposób czyszczenia kanalizacji jest taki sam jak w przypadku kabli obołowionych. Każdy jednak otwór musi być przeczyszczony przynajmniej dwukrotnie kalibrem i szczotką, a po raz ostatni samą szczotką. W przypadku bardzo zanieczyszczonych lub zamulonych otworów należy wpięrcz usunąć większe zanieczyszczenia i muł za pomocą specjalnego chwytaka i szczotki ze szczeciny. Kabli polietylenowych nie wolno zaciągać z kablami obołowionymi do wspólnego otworu z uwagi na ewentualne zanieczyszczenia resztkami smaru używanego przy zaciąganiu kabli obołowionych. W przypadku koniecznym należy przełożyć kabel obołowiony do innego otworu, a kabel polietylenowy do wolnego i oczyszczonego otworu.

Używane do zaciągania kabli kanałowych przybory, jak prowadnice i rolki ślizgowe, w miejscach stykania się z kablem muszą także być czyste i wolne od tłuszczu i smaru. Z prowadnic należy ponadto starannie usunąć wszel-

kie zadziory i grat, które mogłyby uszkodzić powłokę kabla.

Zaciąganie kabla polietylenowego do kanalizacji może się odbywać tak samo jak w przypadku zaciągania kabli obołowionych. Ze względu jednak na to, że wytrzymałość mechaniczna polietylenu jest inna niż ołowiu oraz, że dopuszczalna siła rozciągająca jest mniejsza dla kabla polietylenowego niż dla kabla obołowionego, siła zaciągania kabla polietylenowego nie może być przykładana do samej tylko powłoki kabla.

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono obliczone maksymalne dopuszczalne siły zaciągania kabli polietylenowych wg normy KWK-S 557 12, przy przykładaniu siły do powłoki lub do ośrodka kabla względnie do powłoki i ośrodka kabla.

Na rysunku 3 przedstawiono wykresy maksymalnej siły koniecznej do zaciągania w zależności od długości zaciąganego odcinka kabla i liczby jego par. Na podstawie koniecznych i dopuszczalnych wartości siły zaciągania, obliczono dopuszczalne długości zaciąganych odcinków kabli przy przykładaniu siły zaciągania do powłoki i ośrodka kabla (jak przedstawia to rys. 4), przy czym pończocha kablowa musi obejmować третią częśćią swej długości ośrodek kabla wraz z obwojem, lecz bez powłoki [6]. Czynności przy zaciąganiu nie różnią się niczym od wykonywanych przy zaciąganiu kabla obołowionego. W trakcie zaciągania jednak należy nieustannie obserwować przesuw kabla na rolkach i prowadnicach ślizgowych, aby w przypadku zauważonych nieprawidłowości natychmiast wstrzymać pracę.

Z powodu znacznie większej sztywności, kable polietylenowe muszą być mocowane na wieszakach w miejscach ich wygięć w studniach kablowych. Odpowiednie uchwyty i wsporniki, ułatwiające mocowanie kabli w studniach, opracowała wytwórnia VEB Kabelwerk Meissen.

4. ZŁĄCZA KABLOWE

Równocześnie z wprowadzaniem do eksploatacji kabli o izolacji i powłoce z tworzyw termoplastycznych Poczta NRD wprowadza także nową metodę łączenia żył kablowych, polegającą na stosowaniu specjalnych łączników zaciskanych mechanicznie na końcach łączonych żył. Tradycyjna metoda, polegająca na skręcaniu odizolowanych końców żył, jak pokazano na rys. 5, stosowana jest jeszcze tylko w rozgałęźnych złączach żył i w przypadku wykonywania połączeń tymczasowych [7], [8].

W celu zdjęcia powłoki z ośrodka kabla można ją nagrzać gorącym powietrzem za pomocą palnika propanowego lub lampy lutowniczej, nie dopuszczając jednak do bezpośredniej styczności płomienia z powłoką kabla. Nagrzanie powłoki ułatwia nacinanie i zdejmowanie jej z ośrodka kabla. Długość usuwanego odcinka powłoki zależy od wymiarów stosowanej osłony złączowej. Osłony dzielone poprzecznie należy zakładać na końce kabli przed przystąpieniem do zdejmowania powłoki.

Przed przystąpieniem do wykonania złącza końce łączonych kabli są odpowiednio układane i mocowane za pomocą specjalnych uchwytów. Ośrodek kabla, podobnie jak w przy-

padku kabli obołowionych, jest rozszywany przez odchylenie w tył i wiązanie poszczególnych wiązek kolejnych warstw. Na poszczególne czwórki jednak zakładane są obrączki z numerami grup, gdyż łączniki, zaciskane mechanicznie na końcach łączonych żył, nie posiadają numeracji. Przy późniejszym odszukiwaniu żądanej pary obowiązują następujące zależności, gdy x jest numerem żądanej pary, a n numerem żądanej czwórki:

$$n = \frac{x}{2} \quad \text{dla parzystego } x$$

$$n = \frac{x + 1}{2} \quad \text{dla nieparzystego } x$$

lub

$$x = 2n \quad \text{dla parzystego } x$$

$$x = 2n - 1 \quad \text{dla nieparzystego } x.$$

W ten sposób znajduje się np. parę o nieparzystym numerze 281 jako pierwszą parę czwórki o numerze

$$n = \frac{x + 1}{2} = \frac{281 + 1}{2} = 141$$

Czwórka o numerze np. 177 zawiera pary o następujących numerach:

$$x_1 = 2n - 1 = 2 \cdot 177 - 1 = 353 \text{ oraz}$$

$$x_2 = 2n = 2 \cdot 177 = 354.$$

Łączenie żył wykonywane jest za pomocą specjalnych łączników zaciskanych za pomocą odpowiednich cęgów na końcach łączonych żył bez potrzeby usuwania z nich izolacji (rys. 6).

Podobnie, jak przy połączeniach wykonywanych za pomocą skręcania żył, odpowiednie wiązki z rozszytych ośrodków dobierane są zgodnie z kierunkiem obliczania obowiązującym dla kabli rozdzielczych, a następnie w wiązkach łączone są zgodnie z oznakowaniem odpowiednie żyły. W miejscu ich przewidzianego połączenia żyły skręcane są mocno ze sobą dwoma lub trzema skrętami. Końce tak skręconych żył są następnie prostowane, układane równolegle do siebie i obcinane tak, aby ich długość wynosiła ok. 60 mm. Na przygotowane w ten sposób końce żył (bez usuwania z nich izolacji) zakładane są odpowiednie do średnicy łączonych żył łączniki, zaciskane następnie mechanicznie za pomocą specjalnych cęgów zaciskających. Cęgi muszą być zaciskane aż do oporu, gdyż tylko wtedy wykonywane połączenie będzie miało wymaganą jakość elektryczną i mechaniczną. Połączone żyły odgina się i układa równolegle do ośrodka kabla, a pierścienie z numerami grupy z obu stron przesuwają się do nasady złączy wiązki (rys. 7). Dodatkowe izolowanie złączy par nie jest potrzebne, gdyż łączniki pokryte są warstwą z materiału izolacyjnego.

Na rysunku 8 przedstawione są wykresy zmian oporności złącza wykonanego za pomocą skręcania żył i za pomocą mechanicznie zaciskanego łącznika, w funkcji czasu. Z wykresów tych wynika, że łączenie żył za pomocą mechanicznie zaciskanych łączników polepsza jakość połączeń w sieci miejscowej. Otrzymane dla łączników wartości odpowiadają połączeniom żył wykonanym za pomocą skręcania i lutowania ich końców [9] [10]. Pomiary napię-

cia szumów wykonane przy wstrząsaniu na wstrząsarce złączy skręcanych i zaciskanych potwierdziły wysoką jakość złączy wykonywanych za pomocą mechanicznie zaciskanych łączników [11]. Przy przyspieszeniach wynoszących do 13 g /g - przyspieszenie ziemskie/ i wstrząsaniu z częstotnością ok. 20 Hz nie wystąpiły żadne różnice zachowania się złączy zaciskanych w stosunku do złączy wykonanych za pomocą lutowania skręconych końców żył. Identyczne wyniki otrzymano przy pomiarach na doświadczalnej linii z kabli plastikowych (linia "Rehbrücke").

Złącza zaciskane mogą być otwierane tylko przez odcięcie łączników. Przy lokalizacji lub usuwaniu uszkodzeń i przy wykonywaniu koniecznych przełączeń, końce żył, skrócone przez obcięcie łącznika, łączy się za pomocą nowego łącznika zaciskanego jak poprzednio.

Sposoby łączenia powłok kablowych z tworzyw termoplastycznych zostały już wcześniej opisane [1]. W publikacjach F. Hoppego i H. Möllera zostały pokrótce opisane osłony złączowe, zastosowane przy budowie doświadczalnych linii kablowych [2][3]. W niniejszym opracowaniu podane są poniżej metody montażu różnych typów osłon, produkowanych obecnie na skalę przemysłową.

Przemysł kablowy, równolegle z kablami o izolacji i powłoce z tworzyw termoplastycznych, produkuje także osłony złączowe łączone następnie z powłoką kabla w trakcie jego montażu przez spawanie strumieniem gorącego powietrza, oraz osłony mocowane na kablu mechanicznie. Obydwa te typy osłon mają wspólną cechę, a mianowicie są one dzielone poprzecznie i muszą być nasuwane na

końce łączonych kabli przed przystąpieniem do wykonywania złącza.

Oslony spawane stosowane są przez Poczte NRD przy łączeniu kabli o powłoce polietylenowej. Oslona tego typu składa się z cylindrycznej tulei, stanowiącej środkową część osłony i z dwóch stożkowych końcówek. Wszystkie trzy części osłony wykonane są z tego samego materiału co powłoka kabla. Stożkowe końcówki umożliwiają dopasowanie osłony do kabli o różnych średnicach. Oslony spawane produkowane są jako przelotowe lub rozgałęźne dla podwójnych lub potrójnych rozgałęzień. Przy odpowiednio przystosowanej tulei środkowej spawana osłona może być wypełniana zalewą i stanowić przegrodę gazo- i wodoszczelną.

Oslony mocowane na kablu mechanicznie za pomocą zakończeń uszczelniających są stosowane przez Poczte NRD przy łączeniu kabli obołowionych z kablami o powłoce z tworzywa termoplastycznego lub w przypadku łączenia kabli, których powłoki wykonane są z różnego rodzaju tworzyw sztucznych. Oslony mocowane mechanicznie produkowane są w dwóch odmianach, jedne z nich mogą być stosowane jako przelotowe lub rozgałęźne, drugie natomiast jako rozdzielcze.

Oslony przelotowe i rozgałęźne składają się z ocynkowanej cylindrycznej tulei stalowej i końcówek wykonanych z odlewów aluminiowych. Uszczelki wykonuje się ze specjalnej taśmy uszczelniającej (Kawoplastband). W tulei osłony wykonane są dwa otwory, zamykane pokrywkami, służące do wypełniania osłony zalewą.

Oślony rozdzielcze, stosowane obecnie, składają się z korpusu i pokrywy wykonanych z ocynkowanej blachy stalowej. Od strony wieloparowego kabla rozdzielczego osłona uszczelniana jest także za pomocą taśmy uszczelniającej, zaciskanej na kablu pierścieniem dociskany wkrętami od denka wlotu osłony, a od strony cienkich kabli rozdzielczych za pomocą dławnie uszczelniających, znajdujących się w pokrywie złącza.

Przy ustalaniu wymiarów osłon, a w szczególności grubości ścianek tulei środkowej złączowych osłon spawanych brano pod uwagę możliwość zastosowania kontroli ciśnieniowej na kablach o izolacji i powłoce z tworzyw termoplastycznych.

Zgodnie z obowiązującymi zaleceniami międzynarodowymi dla rur z polietylenu wysokociśnieniowego przy obecnie stosowanej kontroli ciśnieniowej o wartości nadciśnienia 0,5 atn i przy czterokrotnym współczynniku bezpieczeństwa wytrzymałość trwała osłon wyniesie 50 lat [12]. Założona przy tym dla kabli kanałowych temperatura maksymalna wynosi $+20^{\circ}\text{C}$.

Zamocowanie wentyli wlotowych jest możliwe zarówno na osłonach spawanych, jak i mocowanych mechanicznie.

Technologia montażu osłon złączowych

Montaż złącza o osłonie spawanej należy rozpocząć od dokładnego usunięcia wszelkich zanieczyszczeń z końców łączonych kabli, po czym należy ściąć nożem zewnętrzne krawędzie ich powłok na całym obwodzie. Czubki stożko-

wych końcówek osłony należy obciąć tak, aby średnice ich wlotów odpowiadały średnicom łączonych kabli, a końcówki osłony i tuleję należy odpowiednio założyć na końce kabli. Przy wykonywaniu złącza rozdzielczego tuleję należy zakładać na końce kabli odgałęźnianych.

Po wykonaniu ośrodka złącza nasuwa się nań wszystkie trzy części osłony, przy czym końcówki osłony należy wsunąć cylindrycznymi ich końcami we wloty tulei tak, aby można było następnie wykonać szew pachwinowy (rys.9). Oslonę złącza łączy się szczelnie z powłoką, spawając ją strumieniem gorącego gazu przy użyciu pałeczki z polietylenu jako spoiwa. Strumień gazu, którym zwykle jest powietrze, nagrzewany jest w specjalnej dmuchawie spawalniczej grzałką elektryczną lub gazową zasilaną propanem. W trakcie spawania strumieniem gorącego gazu należy nagrzewać obydwie ścianki szwu i pałeczkę spoiwa. Pałeczkę należy wpychać prostopadle między zmiekkzone ścianki szwu, prowadząc ją za strumieniem gorącego gazu wzdłuż całego szwu. Prawidłowa spoina powinna mieć małe kołnierze, zachodzące na łączone elementy po obu stronach nałożonego spoiwa.

Po zakończeniu spawania nie należy spoiny ochładzać ani podmuchem zimnego gazu, ani jakąkolwiek chłodną cieczą, gdyż pogorszyłoby to trwałość spoiny.

Spawane osłony złączowe można otwierać w koniecznych przypadkach, przecinając spoinę wzdłuż. Otwartą osłonę można ponownie zaspawać.

Powyżej opisane osłony złączowe są bardzo nieodporne na zginanie, dlatego też należy zachować szczególną

ostrożność przy wchodzeniu do studni kablowych i w żadnym przypadku nie stąpać po nich.

Czynności przygotowawcze przed zakładaniem osłony złączowej mocowanej mechanicznie polegają jak i w poprzednim przypadku na oczyszczeniu końców łączonych kabli, stępieniu zewnętrznych krawędzi ich powłok i odpowiednim nasunięciu elementów osłony na końce kabli. Przepusty w przykrywach osłony trzeba jednak w niektórych przypadkach dopasować do średnic łączonych kabli wyłamując w pierścieniach zaciskowych otwory o odpowiedniej średnicy. Potrzeba ta zachodzi zwykle w przypadku wykonywania złączy rozgałęźnych.

Oslonę zamocowuje się po wykonaniu ośrodka złącza. Obydwie przykrywy osłony, z których każda składa się z dwu pierścieni zaciskowych i nawiniętej między nimi uszczelki, należy umieścić po obu stronach ośrodka złącza tak, aby końce powłok obu łączonych kabli znajdowały się wewnątrz osłony, każdy w odległości ok. 20 mm poza wewnętrznymi pierścieniami przykryw. Odległość między pierścieniem zewnętrznym i wewnętrznym każdej przykrywy osłony powinna być taka, aby szerokość obwoju uszczelniającego wynosiła ok. 40 mm.

Przykrywy osłony powinny być umieszczone tak, aby po nasunięciu na nie tulei każde z nich znalazło się wewnątrz tulei tuż poza otworami do wbijania karbowanych kołków mocujących. Obwój z taśmy mocującej należy nawinąć na powłokę kabla między pierścieniami zaciskowymi każdego z zakończeń osłony. W przypadku złączy rozga-

iężnych każdy kabel wychodzący ze złącza musi być wpięrowinięty z osobną taśmą uszczelniającą. Luki powstałe między sąsiednimi kablami należy wypełnić małymi wałeczkami z taśmy uszczelniającej tak, aby obwód nałożony następnie wokół wszystkich kabli razem miał przekrój kołowy. Po nasunięciu tulei osłony na obydwie jej zakończenia z wykonanymi uszczelkami należy dokręcić wkręty w pierścieniach obu przykryw i wbić karbowane kołki mocujące w otwory na krańcach tulei. W przypadku konieczności dodatkowego zabezpieczenia osłony przed korozją należy owinać ją taśmą antykorozyjną /Korropanband/. Przy każdym ponownym zamykaniu osłony po jej otwarciu wszystkie uszczelnienia trzeba wykonać na nowo.

Przy montażu złączy rozdzielczych, przed rozpoczęciem montażu jego ośrodka, należy nałożyć korpus osłony i zaciskowy pierścień przykrywy osłony na koniec wieloparowego kabla rozdzielczego, a na końce cienkich kabli rozdzielczych nasunąć pokrywę z dławnicami uszczelniającymi. Po zakończeniu montażu ośrodka kabla rozdzielczego należy wykonać uszczelkę z taśmy uszczelniającej nawijając ją na wieloparowy kabel rozdzielczy między pierścieniem dociskowym a kołnierzem wlotu osłony, po czym należy mocno dokręcić wkręty w pierścieniu, uszczelniając w ten sposób wlot kabla. Po przylutowaniu pokrywy z dławnicami do korpusu osłony, dławnice należy dokręcić, uszczelniając w ten sposób wloty cienkich kabli rozdzielczych.

5. MONTAŻ ZAKOŃCZEŃ KABLOWYCH

Jako zakończenia kabli o izolacji i powłoce z tworzyw termoplastycznych stosowane są podobnie jak dotąd dla kabli obołowionych głowice o wlotach zaciskowych [13].

Wloty głowic uszczelniane są podobnie jak zaciskowe wloty osłon złączowych na zasadzie dławnic uszczelniających (rys. 10). Technologia wykonywania uszczelnień jest więc podobna do opisanej wyżej technologii, stosowanej przy uszczelnianiu zaciskowych wlotów osłon złączowych.

Zakończenia kablowe o wlotach zaciskowych mogą być stosowane tak dla kabli obołowionych, jak i dla kabli o powłoce z tworzywa termoplastycznego. Wszystkie więc zakończenia o wlotach zaciskowych, używane dotąd przy montażu kabli rozdzielczych obołowionych, mogą być stosowane także przy montażu kabli o izolacji i powłoce z tworzyw termoplastycznych.

Równolegle z wprowadzaniem do eksploatacji kabli plastikowych i stosowaniem zakończeń kablowych o wlotach zaciskowych, Poczta NRD wprowadza do eksploatacji kablowe szafki rozdzielcze z tworzywa sztucznego zamiast stosowanych dotąd szafek typu KV i KL wykonanych z blachy stalowej. Skrzynie nowych szafek wykonane są z poliestru wzmocnionego włóknem szklanym (GfP). Nowe wsporniki do mocowania głowic kablowych wykonywane są już także z tworzywa utwardzalnego (daroplast). Nowe szafki roz-

dzielcze o wielkościach 3x900, 5x900 i 7x900, dostarczane są razem z dzieloną na pięć części podstawą betonową.

Zwracając uwagę cechą nowoczesności szafek rozdzielczych nowego typu jest ich estetyczny wygląd zewnętrzny. Charakterystyczną cechą nowych szafek jest także pokrywa zastępująca stosowane dotąd drzwiczki. Ze względu na wielorakość zastosowań skrzynki szafki, jej kształt i konstrukcja wnętrza stanowią udany kompromis wymagań różnych użytkowników. Nowością w nowych szafkach rozdzielczych jest wlot w dennym dwudzielnym korycie szafki, przystosowany dla kabli plastikowych o większych średnicach. Wlot ten ma kształt szczeliny. Do zamocowywania kabli plastikowych w szafce służy szyna wyposażona w zależności od liczby wsporników w odpowiednią ilość podwójnych nakładek mocujących. Szafka wyposażona jest także w szynę, służącą do uziemienia głowic i kabli w przypadku stosowania osobnego uziomu.

Uproszczenie montażu dzięki zaletom nowych szafek kablowych zostało powitane przez monterów kablowych z powszechnym zadowoleniem. Szczególnym udogodnieniem przy montażu jest eliminacja kłopotliwego mocowania obudowy szafki na betonowej podstawie w czterech punktach za pomocą wkrętów, które trzeba było zamocowywać w podstawie z dużą dokładnością według szablonu. Plastikowa skrzynia szafki nie jest jak poprzednio zamocowywana na podstawie, lecz w podstawie za pomocą odpowiednio ukształtowanych nakładek. Ponadto skrzynia szafki obejmuje podstawę z zewnątrz, dzięki czemu niedokładności montażu podstawy mają tylko znikomy wpływ na prawidłowe u-

mocowanie skrzyni i na wygląd zewnętrzny całej szafki rozdzielczej. Przy montażu podstawy, jej części boczne wstawiane są w płytę dolną i łączone z szyną, służącą do uziemiania i mocowania kabli, dzięki czemu podstawa ma wytrzymałość wystarczającą do zamocowania na niej bardzo lekkiej skrzyni szafki bez potrzeby oczekiwania na związanie cementu, łączącego betonowe elementy podstawy.

Połączenie szafki z kanalizacją kablową mogą stanowić betonowe bloki kanalizacyjne lub rury kanalizacyjne z tworzywa sztucznego. Do szafki można jednak także bezpośrednio wprowadzać kable doziemne.

6. ZAKOŃCZENIE

Całość danych, dotyczących montażu plastikowych kabli kanałowych, będącego przedmiotem niniejszego opracowania, zawarta jest w poszczególnych przepisach VDP (Blättern der VDP 471 10 "Plastkabel - Montage") przeznaczonych dla budownictwa łączności NRD^x). Wytwórnia VEB Kabelwerk Meissen wydała ponadto instrukcje montażu dla wszystkich zainteresowanych [15].

Wdrożenie do eksploatacji kabli plastikowych a także osłon złączowych nowego typu i nowych metod montażu stanowi pierwszy krok w kierunku szerokiego stosowania nowoczesnych materiałów w przemyśle kablowym i nowoczes-

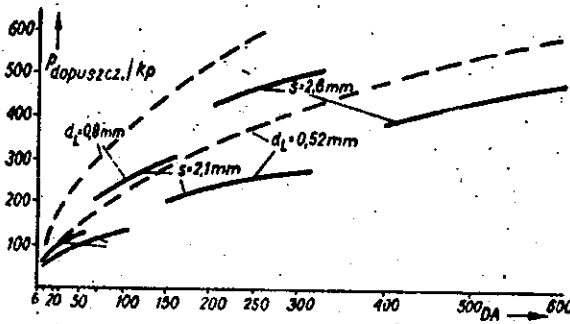
^{x/} Materiały te znajdują się w Instytucie Łączności w Miedzeszynie.

nych metod pracy w budownictwie linii kablowych. Osiągnięte wyniki nie mogą być w żadnym przypadku traktowane jako ostateczne. Należy oczekiwać, że zarówno same kable i osłony złączowe jak i technologia ich montażu zostaną w przyszłości ulepszone. Obecnie są np. prowadzone w laboratoriach i na budowach doświadczalnych badania i próby nowych modeli osłon złączowych. Prace te mają na celu obniżenie wymagań, dotyczących kwalifikacji monterów, i uproszczenie obecnej metody spawania osłon złączowych.

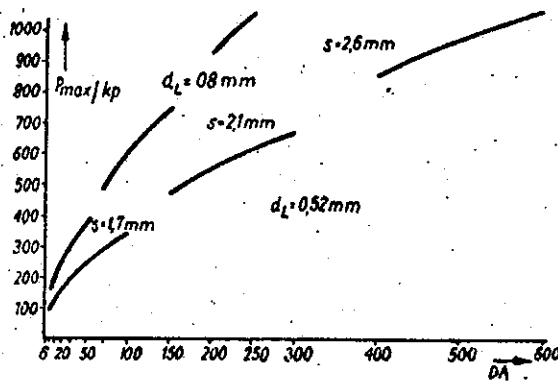
WYKAZ LITERATURY

1. Eppert H.: Die Entwicklung der Kabelmantelverbindungen für Nf-Fernsprechkabel. Mitteilungen aus dem IPF, 1963, nr 3, s. 33-38.
2. Hoppe F.: Plaste in Fernmeldekabeln der Deutschen Post. Mitteilungen aus dem IPF, 1964, nr 2, s. 22-29.
3. Müller H.: Erprobung von unbewehrten Plastkabeln höherer Paarzahl. Mitteilungen aus dem IPF, 1965, nr 1, s. 21-25.
4. Müller H.: Erprobung von Plastkabeln höherer Paarzahl. Mitteilungen aus dem IPF, 1966, nr 1, s. 26-30.
5. Müller H.: Einsatzbedingungen für Plast-Ortskabel nach Werkstandard KWKS-557 12. Kwiecień 1965, Information des IPF, Labor Netze und Kabel, 41 3522-1 nr 861 z 14.6.1965.

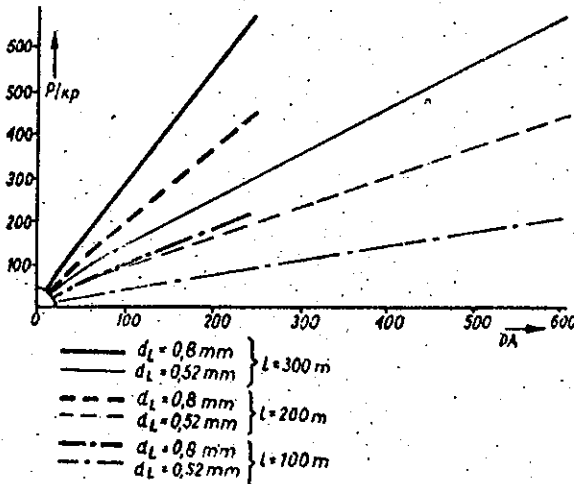
6. Müller H.: VDP 471 10, str. 3: Plastkabel-Montage-Einziehen in Kabelkanalanlagen. Projekt z lipca 1965 r.
7. Müller H.: VDP 471 10, str. 5: Plastkabel-Montage-Verbinden der Kabeladern - Projekt z lipca 1965 r.
8. Müller H.: Information zur Montage von polyäthylenisolierten Bleimantelkabeln 2 YMz, IPF, Labor Fernmeldebau, kwiecień 1966.
9. Antas S.C.: The B-wire connector for cable splicing. Bell Laboratories Record, 1962, t. 40, nr 8, s.293-297.
10. Antas S.C.: Adernverbindungshülse. Werbeschrift der Maschinenbau-Hafenhütte P. Lancier KG, Westfalia.
11. Antas S.C.: Untersuchungen der elektrischen Eigenschaften von Quetschverbindungen für Kabeladern in Nf-betriebenen Kabeln. Sprawozdanie IPF V6-5259/5 II.
12. Eppert H.: Druckgasüberwachung von polyäthylenummantelten Ortskabeln. Praca dyplomowa Wyższej Szkoły Łączności "Friedrich List", Drezno 1965.
13. Bahr S.: Kabelabschlusseinrichtungen mit Klemmstutzen Mitteilungen aus dem IPF, 1965, nr 2, s. 10-12.
14. Bahr S.: TGL 200-0591: Schränke aus Plaste in Freiluftausführung. Projekt, październik 1965.
15. Bahr S.: Montageanleitung zum Herstellen der Muffen für plastisolierte Fernsprechanchlusskabel vom Typ 2 Y /MF/ 2 Y. VEB Kabelwerk Meissen, 1965.



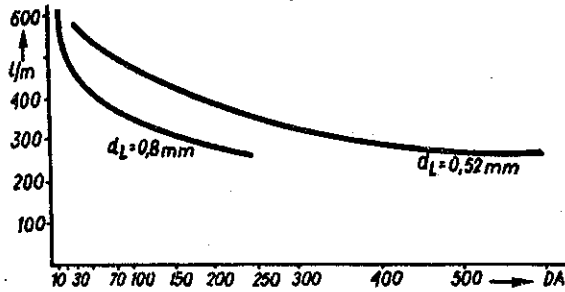
Rys. 1. Dopuszczalna siła zaciągania dla kabli o powłokach polietylenowych w zależności od liczby par / \times DA/ w kablu /wg KWE-S 557 12 dla zaciągania/ — dla powłoki, ---- dla ośrodka, d_L - średnica żyły, s - grubość powłoki



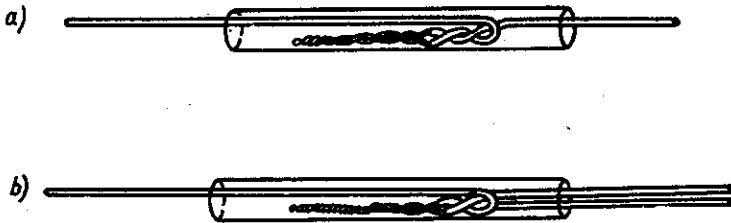
Rys. 2. Maksymalna siła zaciągania dla kabli o powłokach polietylenowych w zależności od liczby par / \times DA/ w kablu /wg KWE-S 557 12 dla zaciągania, gdy siła przykładana jest do powłoki i ośrodka kabla/



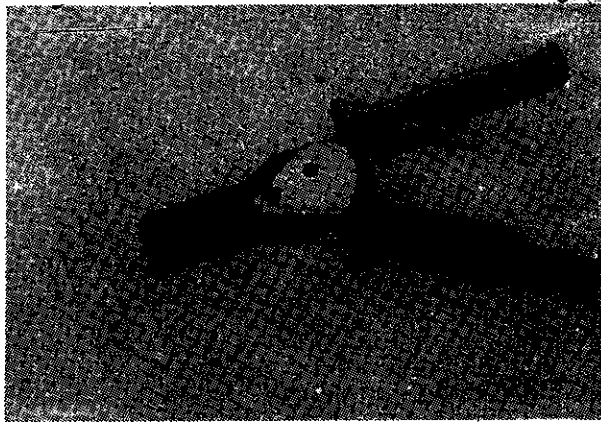
Rys. 3. Siła wymagana przy zaciąganiu kabli o powłokach polietylenowych do prostoliniowych ciągów kanalizacji w zależności od liczby par / \times DA/ kabla. Parametry: długość 1 odcinka kabla



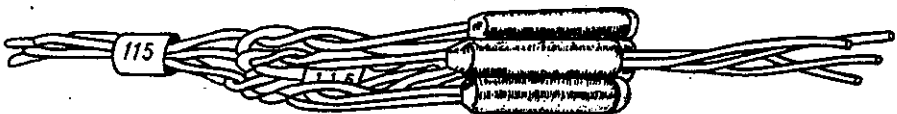
Rys. 4. Maksymalna dopuszczalna siła zaciągania dla kabli o powłokach polietylenowych w zależności od liczby par /=DA/ w kablu /wg KWK-S 557 '42 dla zaciągania, gdy siła przykładana jest do powłoki i ośrodka kabla/



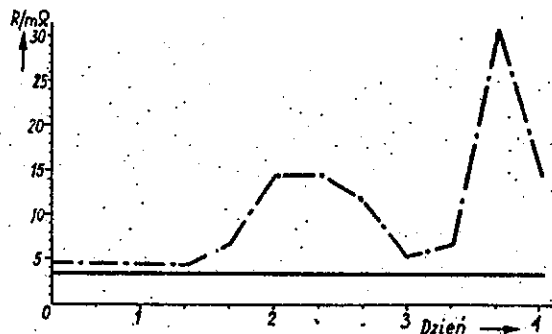
Rys. 5. Złącza przelotowe i rozgałęźne żył o izolacji polietylenowej wykonane za pomocą skręcania ze sobą odizolowanych żył



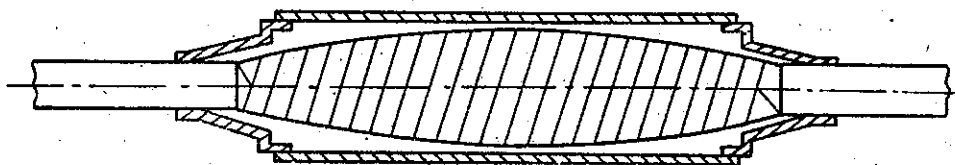
Rys. 6. Łączniki i cęgi służące do łączenia żył kablowych metodą mechanicznego zacisku bez potrzeby usuwania z końców łączonych żył izolacji polietylenowej



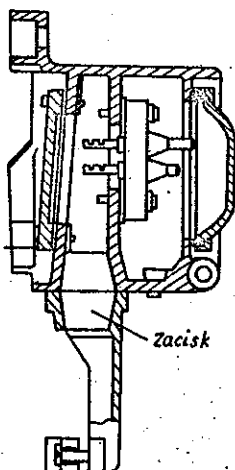
Rys. 7. Złącza żył oszłonki wykonane za pomocą łączników



Rys. 8. Zmiany oporności złączy tył wykonanych metodą skręcania /---/ i metodą mechanicznie zaciskanego łącznika /—/ wg P. Lanciera [10]



Rys. 9. Przekrój osłony złączowej założonej prawidłowo na ośrodek słupa i przygotowanej do spawania



Rys. 10. Głowica typu FEW-A o poprzecznie dzielonym stożkowym włocie zaciskowym

